

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра металлургии, сварочного производства и методики
профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой МСП
_____ Б.Н. Гузанов
«__» _____ 20 г.

**ПРОЕКТ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА ПО
ИЗГОТОВЛЕНИЮ ОТЛИВОК ИЗ СТАЛИ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 38000 ТОНН В ГОД**

Выпускная квалификационная работа бакалавра
По направлению 22.03.02 Металлургия

Идентификационный код ВКР: 918

Исполнитель:

студент группы НТ-411сЛП

(подпись)

Л.Н. Кульчицкая

Руководитель:

старший преподаватель
кафедры МСП

(подпись)

М.В. Ведерников

Нормоконтролер:

профессор кафедры МСП,
канд. техн. наук, доцент

(подпись)

Ю.И. Категоренко

Екатеринбург
2017

РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 136 листов машинописного текста, 4 рисунков, 63 таблиц, 36 источников литературы, графическую часть на 5 листах формата А1.

В дипломном проекте разработана система организации технологического процесса производства отливок из углеродистых сталей для машиностроения с годовым выпуском 38000 тонн.

Произведен расчет основных отделений литейного цеха и выбор технологического оборудования для производства отливок. Разработана технология изготовления отливки «Колпак».

В экономической части произведены расчеты по организации труда и заработной платы, себестоимость одной тонны годных отливок, срок окупаемости капитальных затрат.

Рассмотрены вопросы безопасности труда производственных рабочих и охраны окружающей среды.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ОТЛИВКА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ, ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ МОЩНОСТЬ, СЕБЕСТОИМОСТЬ, ОХРАНА ПРИРОДЫ, ОХРАНА ТРУДА, ЭКОЛОГИЧНОСТЬ.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ЦЕХА.....	8
1.1. Режим работы цеха.....	8
1.2. Производственная программа.....	10
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	12
2.1. Требования к отливке. Материал отливки и его свойства.....	12
2.2. Выбор способа производства.....	13
2.3. Формовочные, стержневые смеси и покрытия	15
2.4. Модельно литейная оснастка.....	19
2.5. Определение размеров опок.....	20
2.6. Выбор припусков на механическую обработку.....	21
2.7. Расчет прибылей	22
2.8 Расчет внутренних холодильников	24
2.9 Расчет литниково-питающей системы.....	26
2.10. Литейная форма и стержни.....	30
2.10.1. Технология изготовления полуформ	30
2.10.2. Определение количества стержней и их размеры.....	33
2.11. Сборка и заливка формы	35
2.12. Выбивка, обрубка, очистка	35
2.13. Термообработка.....	36
2.14. Контроль качества.....	37
2.15. Виды брака и методы предотвращения	38
3. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ.....	41
3.1. Плавильное отделение.....	41
3.1.1. Преимущества дуговых сталеплавильных печей постоянного тока.....	41
3.1.2. Выплавка стали в дуговой сталеплавильной печи	44
3.1.3. Расчет количества печей	50

3.1.4. Расчет количества ковшей	51
3.1.5. Расчет шихты для стали 20ГЛ	52
3.2. Смесеприготовительное отделение.....	65
3.2.1. Подготовка исходных формовочных материалов	65
3.2.2. Противопригарные, разделительные покрытия.....	68
3.2.3. Расчет оборудования смесеприготовительного отделения	69
3.3. Стержневое отделение.....	72
3.3.1. Рассчет оборудования стержневого отделения	73
3.4. Формовочно-заливочное отделение.....	74
3.4.1. Организация потока в формовочном отделении	76
3.4.2. Порядок изготовления форм.....	76
3.4.3. Расчет формовочных линий.....	80
3.6. Отделение очистки литья	81
4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА	85
4.1. Безопасность труда	85
4.1.1. Характер труда	85
4.1.2. Условия труда.....	86
5. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА	97
5.1. Глобальные экологические проблемы	97
5.2. Анализ связей технологического процесса с экологическими системами.....	98
5.3. Основные требования экологизации проекта	101
5.4. Мероприятия по экологизации технологического процесса.....	102
6.ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	104
6.1 Расчет численного состава рабочих	104
6.2. Организация и планирование заработной платы.....	109
6.3. Отчисления в социальные фонды	112
6.4. Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений	113
6.5. Определение затрат и планирование себестоимости	116
6.6. Расчет плановых постоянных и переменных затрат	120
6.7. Ценообразование.....	121

6.8. Расчет коммерческой эффективности проекта	122
6.9. Показатели эффективности.....	131
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	134

ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство – это основная заготовительная база, определяющая возможности дальнейшего развития многих отраслей народного хозяйства. Значение литейного производства для народного хозяйства страны и в первую очередь для машиностроения очень велико.

В настоящее время существует более ста различных способов изготовления литейных форм и получения отливок. Около 80 % от всей массы чугунных и стальных отливок получают в песчано-глинистых формах. Этим способом получают как мелкие, так и очень крупные отливки, литые детали простой и сложной формы не только из чугуна и стали, но также из различных цветных сплавов.

Литьём можно изготавливать заготовки любой конфигурации с минимальными припусками на обработку. Технологический процесс изготовления отливки механизирован и автоматизирован, что снижает стоимость литых заготовок по сравнению с поковками, сварными конструкциями, деталями из проката.

Отсутствие новых технологий приводит к снижению уровня рентабельности и увеличению материальных, энергетических затрат и стоимости продукции.

Для выхода из сложившейся ситуации необходимо проводить реконструкции имеющихся предприятий, проектировать новые цеха, разрабатывать новые технологии, направленные на повышение качества литья, снижение трудоёмкости и улучшение условий труда и экологии.

Проектирование литейных цехов, имеющее большое количество исходных данных, является трудоемким и сложным процессом.

Проектирование заводов осуществляется путем набора типовых специализированных цехов. При проектировании следует обеспечить блокировку производственных, вспомогательных и обслуживающих цехов, складов, административно-конторских и бытовых помещений.

При выборе необходимого оборудования необходимо ориентироваться на применение автоматических линий, комплексов, агрегатов, максимально исключая ручной труд. Такое оборудование позволит цеху выпускать качественное, конкурентоспособное стальное литье с соблюдением всех норм по технике безопасности и требований по охране окружающей среды. Кроме того, при проектировании следует учитывать, чтобы оборудование было загружено и интенсивно использовалось, оправдывался высокий уровень механизации и автоматизации труда.

Проектируемый цех относится к сталелитейным цехам серийного типа производства и входит в состав предприятия общего машиностроения.

Мощность цеха 38000 тонн годных отливок в год. В соответствии с производственной программой было выбрано и рассчитано оборудование, с помощью которого можно достичь заданной производительности цеха.

1. ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ЦЕХА

1.1. Режим работы цеха

Режимы работы литейного цеха определяются очередностью выполнения операций технологического процесса изготовления отливок во времени и пространстве. От принятого режима работы зависит организация производственного процесса. Для литейных цехов применяются последовательные и параллельные режимы работы [2].

При последовательных режимах основные технологические операции литейного производства выполняются последовательно в различные периоды суток на одной и той же площади.

При параллельных режимах работы все технологические операции выполняются одновременно на различных производственных участках.

По сравнению с последовательными параллельные режимы работы имеют ряд преимуществ: сокращается производственный цикл изготовления отливок, рациональнее используется оборудование и площадь цеха, улучшается качество и снижается себестоимость отливок.

Сменность работы при этом режиме зависит от размеров и количества изготавливаемых отливок.

Литейный цех работает по трехсменному графику работы, пятидневной рабочей неделе и 8-часовой рабочей смене.

Действительный фонд времени T_o определяется путем исключения из номинального фонда неизбежных потерь времени для нормально организованного производства.

Календарный фонд времени определяется по формуле:

$$T_k = D_k \cdot T_c,$$

где D_k – число календарных дней в году;

T_c – число рабочих часов в смене, ч.

$$T_k = 366 \cdot 8 = 2928 \text{ ч.}$$

Номинальный фонд времени определяется по формуле:

$$T_n = (D_k - B - Pr) \cdot T_c \cdot K_c,$$

где B – число выходных дней в году;

Pr – число праздничных дней в году;

K_c – режим сменности.

$$T_n = (366 - 105 - 14) \cdot 8 \cdot 3 = 5928 \text{ ч.}$$

Действительный фонд времени определяется по формуле:

$$T_o = (T_n - H) \cdot T_c \cdot K_c,$$

где H – плановые невыходы на работу ($H = 34$).

$$T_o = (247 - 34) \cdot 8 \cdot 3 = 5112 \text{ ч.}$$

Расчёт фонда времени работы оборудования

Для расчета потребного количества оборудования необходимо знать действительный фонд времени работы оборудования. Действительный фонд времени определяем по формуле [2]:

$$T_o = T_n \cdot (1 - \alpha / 100),$$

где α – потери времени на плановый ремонт, %;

Таблица 1- Расчет действительного фонда времени работы оборудования

Отделение	T_n	α	T_o
Смесепприготовительное	5928	6,5	5542,7
Стержневое		4,5	5661,2
Формовочное		5,5	5602
Плавильное		5	5631,6
Термообрубное		6	5572,3

1.2. Производственная программа

Литейный цех специализируется на выпуске мелкого и среднего стального литья весом от 3 до 300 кг. Основная марка стали 20ГЛ ГОСТ 977-88.

Баланс металла и производственная программа представлена в таблице 2. Годовой выпуск литья составил 38000 т. Жидкий металл на производственную программу составит 60771 т.

Таблица 2 – Производственная программа цеха

Массовая группа, кг	Наименование отливки	Марка материала	Масса отливки без литников и прибылей, кг	Масса отливки с литниками и прибылями, кг	Количество отливок на годовую программу, шт	Масса отливки без литников и прибылей на годовую программу, т	Масса отливки с литниками и прибылями на годовую программу, т	Количество отливок в форме, шт	Количество форм на годовую программу, шт	Количество стержней на отливку, шт	Количество стержней на программу, шт
0-50	Крышка	20ГЛ	5,5	9.2	472727	2600	4333.3	4	118182	2	945455
	Крейцкопф	20ГЛ	7,9	13.2	233544	1845	3075.0	2	116772	5	1167722
	Колпак	20ГЛ	8,7	15.4	199425	1735	3071.1	4	49856	1	199425
	Каретка	20ГЛ	27	45.0	46296	1250	2083.3	4	11574	3	138889
	Клапан	20ГЛ	31	51.7	53871	1670	2783.3	6	8978	2	107742
	Втулка	20ГЛ	50	83.3	42400	2120	3533.3	4	10600	1	42400
Итого по группе					1048264	11220	18879.5		315963		2601632
50-100	Гильза	20ГЛ	60	96.8	52333	3140	5064.5	2	26167	2	104667
	Втулка большая	20ГЛ	79	127.4	17089	1350	2177.4	2	8544	1	17089
	Головка	20ГЛ	80	129.0	18750	1500	2419.4	2	9375	1	18750
	Крышка	20ГЛ	94	151.6	12766	1200	1935.5	2	6383	0	0
	Кронштейн	20ГЛ	100	161.3	21000	2100	3387.1	2	10500	4	84000
Итого по группе					121938	9290	14983.9		60969		224505
100-300	Вилка	20ГЛ	150	230.8	16000	2400	3692.3	1	16000	4	64000
	Тяга	20ГЛ	200	307.7	16250	3250	5000.0	2	8125	4	65000
	Корпус	20ГЛ	235	361.5	12766	3000	4615.4	2	6383	4	51064
	Задник	20ГЛ	250	384.6	7960	1990	3061.5	1	7960	3	23880
	Опора	20ГЛ	297	456.9	14141	4200	6461.5	1	14141	0	0
	Корпус	20ГЛ	300	461.5	8833	2650	4076.9	1	8833	3	26500
Итого по группе					75951	17490	26907.7		61443		230444
Итого по цеху					1246153	38000	60771.0		438375		3056581

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Требования к отливке. Материал отливки и его свойства

Деталь «Колпак» используется для изготовления трубопроводной арматуры, а в частности запорного клапана. Деталь «Колпак» массой 7,2 кг и габаритными размерами 252x145 мм относится к особо ответственным отливкам (3 группа по ГОСТ 977-88)[1].

Колпак работает в условиях значительных динамических и статических нагрузок, а так же он должен обеспечивать герметичность и выдерживать давление до 0,35 МПа в диапазоне рабочих температур от 200 до 400⁰С.

Согласно приемосдаточным испытаниям качество отливок (внешний вид, размеры, расположение внутренних и наружных литейных дефектов) контролируется неразрушающим методом контроля по технической документации предприятия – заказчика в количестве 2% от партии, но не менее трех от каждой плавки.

Содержание химических элементов доходит от сотых долей до нескольких процентов. Стальные отливки обладают более высокими механическими свойствами, чем чугуны, и используются для производства ответственных деталей машин.

Класс точности отливки 11-0-0-11 по ГОСТ Р 53464-2009.

Материал, предусмотренный конструктором для изготовления данных отливок 20ГЛ по ГОСТ 977-88 [1], материал заменитель 20Г1ФЛ или 20ФЛ по ГОСТ 977-88 [1] или других марок, согласованных в установленном порядке. Сталь 20ГЛ – конструкционная низколегированная сталь. Химический состав стали, механические, физические и технологические свойства приведены в таблицах 3 – 5.

Таблица 3 - Химический состав стали 20ГЛ по [1]

C, %	Mn, %	Si, %	P, %	S, %
0,15 – 0,25	1,20 – 1,60	0,20 – 0,40	≤ 0,04	≤ 0,04

Таблица 4 - Механические свойства

Свойство	Значение
Временное сопротивление, МПа	540
Предел текучести, МПа	275
Относительное удлинение, %	18
Относительное сужение, %	25
Ударная вязкость, кДж/м ²	491

Таблица 5 – Физические и технологические свойства

Свойство	Значение
Удельный вес, г/см ³	7,82 – 7,85
Температура начала затвердевания, °С	1497 – 1508
Жидкотекучесть при 1550 °С, мм	300
Линейная усадка, %	2,2 – 2,3
Свариваемость	свариваемая
Коррозионная стойкость	коррозирует
Склонность к образованию усадочной раковины	1,1

2.2. Выбор способа производства

Качество литейной формы и получаемой в ней отливки непосредственно связано со свойствами формовочной и стержневой смесей. Необходимые значения свойств смесей зависят от вида сплава, из которого изготавливается отливка, ее массы, конфигурации и размеров, технических требований к отливке, способов литья и изготовления форм и стержней, технологических особенностей оборудования, характера производства, наличия тех или иных формовочных материалов.

Применение литья в сырые формы обеспечивает относительно короткий производственный цикл, увеличивает производительность труда, снижает расход песка до 0,4 т на тонну литья. Ограничением области применения сырых форм является их прочность, исходя из которой, максимальная масса изготавливаемых стальных отливок не должна превышать 0,5 т. В крупносерийном и массовом производстве при изготовлении отли-

вок применяют единые смеси, основную долю которых (90-95%) составляет обратная смесь. Основным наполнителем является отработанная, обратная смесь, которая применяется после регенерации.

Регенерация песков - это обработка использованной смеси с целью возврата песков в производство, повторное применение которых не должно снижать качества смеси. Процесс регенерации состоит из предварительной подготовки отработанной смеси, заключающейся в ее дроблении или разминании комьев, магнитной сепарации и просеивании, и основной операции - отделения от зерен песка инертных пленок шамотизированной глины или других крепителей и обеспыливания песка.

При выборе способа изготовления отливки в первую очередь принимают во внимание результаты предварительного анализа заказа и технологичности детали. При этом, как правило, определяющим фактором является серийность производства, реже – технические требования, предъявляемые к изделию, что влияет на стоимость формы и модельной оснастки. При крупносерийном и массовом производстве чаще применяют специальные способы литья, а также литье в сырые песчаные формы, изготавливаемые на формовочных машинах или автоматических линий.

Наиболее экономически выгодным является способ литья в сырые песчаные формы. Данный способ литья обеспечивает самый короткий цикл изготовления отливок. Принимая во внимание вышеизложенные данные, принимаем для отливки «Колпак» способ литья в песчаные разовые формы с формовкой, заливкой, охлаждением и выбивкой на конвейере. Для производства отливки применяю автоматическую формовочную линию «Мультиматик 40,5» с габаритами опок 1000x800x200/300/400 мм.

Выбор этого способа обусловлен тем, что при этом достигается высокий уровень технологии, а также механизация и автоматизация изготовления отливок в песчаных формах, что позволяет получать отливки необходимой точности при высокой производительности с соблюдением необходимых санитарно-гигиенических условий.

2.3. Формовочные, стержневые смеси и покрытия

Исходные формовочные материалы, добавки, смеси, бывшие в употреблении, подвергают сушке, грубому дроблению, тонкому измельчению, просеиванию, магнитной сепарации, перемешиванию, разрыхлению.

На исходные формовочные материалы существует стандарт предприятия СТП АДК, [3]. Настоящий стандарт устанавливает ограниченную номенклатуру исходных формовочных материалов, используемых для приготовления формовочных, стержневых и жидких самотвердеющих смесей, противопопригарных и разделительных покрытий, керамических оболочек. Стандарт содержит перечень марок или видов материалов с указанием их основных химико-физических свойств и технологических требований.

Исходными формовочными материалами для смесей являются основные материалы: песок кварцевый марки 2К₁02О35 (2К - песок кварцевый 2 группы, так как глинистой составляющей 0,2%, 02 - вторая группа по однородности, до 80%, диаметр 35 - средний диаметр 35 мм), вода техническая и глина огнеупорная КС1Т1 (К - каолиновая глина, С - среднеколлоидальная, коллоидальность не менее 30%, Т1 - низкое содержание примесей, FeO < 1%).

Вспомогательными - связующие УСК, ЛСТ. Связующие УСК - универсальный крепитель, ЛСТ вводят в формовочные и стержневые смеси для придания им прочности во влажном и сухом состоянии. УСК - универсальный стержневой крепитель. ЛСТ - наиболее распространённое органическое связующее в литейном производстве. Физико-химические показатели лигносульфонатов технических (ЛСТ) должны соответствовать нормам, указанным в таблице 6.

Таблица 6 - Физико-химические показатели ЛСТ по [3]

Показатель	Норма
Массовая доля сухих веществ, % не менее	50
Плотность, кг/м ³ не менее	1230
Концентрация ионов водорода раствора ЛСТ, ед. рН, не менее	5
Вязкость условная, с не менее	150

Физико-химические показатели УСК должны соответствовать нормам, указанным в таблице 7.

Таблица 7 - Физико-химические показатели УСК по [3]

Показатель	Норма
Внешний вид при температуре 25±5 °С	Темная однородная маслянистая жидкость
Плотность, кг/м ³ не менее	840 – 900
Массовая доля воды, % не более	0,3
Вязкость условная при температуре 50 °С, с	2,5 – 3,5
Кислотное число, мг	23 – 50

Формы для изготовления отливки «Колпак» изготавливаются из единой формовочной смеси. Смеси готовят в смесителях периодического действия с вертикально-вращающимися катками АМК-2000Н (объем замеса – 2,0 м³, производительность – 63 м³/ч).

Порядок приготовления единой формовочной смеси: в бегуны загрузить песок кварцевый, оборотную смесь, огнеупорную глину перемешивать 2 мин. Добавить необходимое количество воды и перемешивать 3–8 мин. Далее проверить физико-механические свойства смеси, при необходимости откорректировать дозировку составляющих. Перемешивать 1,5–3 мин до получения необходимой прочности в сыром состоянии. Влажность смеси в летний период допустимо увеличивать на 0,5 %.

Состав смесей представлен в таблице 8.

Таблица 8 - Состав формовочных и стержневых смесей [3]

Наименование смеси	Составляющие смеси, кг на замес					
	Песок	Глина	Оборотная смесь	Вода	УСК	ЛСТ
Формовочная	0 – 50	0 – 50	950 – 1000	0 – 100	-	
Стержневая	1000	-	-	-	40 – 80	40 – 80
Стержневая	1000	-	-	-	60 – 80	60 – 80

Физико-механические свойства смесей представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Физико-механические свойства смесей [3]

Наименование смеси	Физико-механические свойства		
	Влажность, %	Газопроницаемость, ед. не менее	Прочность, МПа
Формовочная	4,5 – 6,0	130	0,06 – 0,085
Стержневая	2,4 – 4,0	70	0,005 – 0,02
Стержневая	2,4 – 4,0	70	0,003 – 0,008

Для изготовления отливки «Колпак» применяют разделительные покрытия, наносимые на модели для облегчения съема песчано-глинистых форм и противопригарные краски, которые увеличивают поверхностную прочность, уменьшают осыпаемость и термохимическую стойкость форм и стержней, обеспечивая получение чистых отливок. В качестве разделительного покрытия используется смесь керосина с УСК.

Разделительное покрытие наносится кистью на поверхность стержневого ящика и опрыскивается из пульверизатора на модельные плиты.

Требования на противопригарные, разделительные покрытия:

- исходные материалы для приготовления противопригарных красок, разделительных смазок, клеевых составов, должны соответствовать требованиям СТП АДК, [3];
- для приготовления красок использовать чистые ёмкости, перемешивание остатков краски с вновь приготовленной недопустимо;
- плотность каждой приготовленной партии краски контролировать по СТП АДК [3];

- противопопригарные краски должны иметь хорошую кроющую способность, обеспечивать высокую прочность сцепления с поверхностью формы или стержня.

Таблица 10 - Состав разделительного покрытия

Компонент	Содержание, %
Керосин осветленный	85 – 89
Связующее литейное УСК-1%	15 – 11

Порядок приготовления противопопригарной краски: в краскомешалку (объем замеса – 0,50 м³) залить воду и ЛСТ, включить рабочий режим. Перемешать до полного растворения ЛСТ, после чего ввести глину. Перемешать 15–20 мин, затем небольшими порциями засыпать концентрат дистен-силлиманита и перемешивать до однородной суспензии 30 мин, соблюдая удельную плотность 1,9-2,3 г/см³. Краску периодически перемешивают в целях предотвращения оседания огнеупорного наполнителя.

Таблица 11 – Состав противопопригарной краски

Наименование составляющих	Содержание, массовый %
Концентрат дистен-силлиманита	89
ЛСТ	5
Глина огнеупорная	6
Вода техническая	До плотности 1,75 – 1,95 г/см ³

Формовочные и стержневые смеси после приготовления поступают в бункера, расположенные над формовочными и стержневыми машинами при помощи системы ленточных конвейеров. Для просеивания отработанной формовочной смеси, разрушения комьев, отделения от общей массы смеси кусков стержней, скрапа и других случайных предметов, попадающих в нее при выбивке форм, применяются сита барабанные.

В проекте использовано барабанное полигональное сито модели 178 М, отличающееся простотой конструкции, эффективностью просеивания, отсутствием динамических нагрузок.

2.4. Модельно литейная оснастка

Для изготовления песчаных форм применяют различные модели, воспроизводящие геометрию отливки, а также модели прибылей, литниковой системы, выпоров и т.д. Формовка осуществляется в специальных литых или сварных рамках, называемых опоками.

Стержни изготавливают в стержневых ящиках. Все это вместе называют модельно-стержневой оснасткой, т.е. средствами технологического оснащения, дополняющими литейное технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса получения отливок. Опока - приспособление для удержания формовочной смеси при изготовлении литейной формы, транспортировании ее и при заливке жидким металлом. Опоки обычно изготавливают из серого чугуна, стали, алюминиевого и магниевых сплавов. Стальные опоки наиболее прочные и долговечные. На конструкции опок имеются соответствующие стандарты или технические условия, в которых указываются соответствующие стандартные размеры и конструкции, материал для изготовления опок, отклонения размеров, массы и припуски на механическую обработку, а также другие требования [4].

Формообразующая оснастка представляет собой модельный комплект в который входят: модели, стержневые ящики, элементы литниковой системы, модельные плиты, шаблоны для изготовления форм и стержней.

По типу материала подразделяют на деревянные, металлические, неметаллические. Основным материалом для серийного производства является алюминий, чугун и сталь. Металлические модели и стержневые ящики в серийном производстве для отливок с высоким классом точности, низкой шероховатостью поверхностей, при большом количестве съёмов с одной модели.

В модельный комплект входит:

- монтаж моделей верха, материал АК7ч;
- монтаж моделей низа, материал АК7ч;
- стержневые ящики, материал АК7ч;
- плита модельная сталь 35Л.

2.5. Определение размеров опок

Стальные опоки наиболее прочные и долговечные. В зависимости от массы жидкого металла и толщины стенки отливки, выбирают соответствующую толщину песчаной формы от нижней, верхней и боковых стенок отливки, а также расстояния от прибыли, обеспечивающие соответствующую прочность формы.

Рассчитаем размер опоки в свету для отливки «Колпак»:

Общая минимальная длина (в опоке 4 отливки);

$$L_{\min} = 30 + 265 + 110 + 40 + 265 + 110 + 30 = 850 \text{ мм}$$

Общая минимальная ширина (в опоке 4 отливки):

$$S_{\min} = 30 + 145 + 40 + 145 + 30 = 390 \text{ мм}$$

После выбора размера опок в свету подбирают ее стандартный размер по высоте. При этом высота нижней и верхней опоки может приниматься при необходимости и неодинаковой. Это определяется высотой отливки, выбором места разъема модели, наличием или отсутствием прибыли, наличием заливочной воронки или чаши и т. д. [4].

Общая минимальная высота верхней опоки:

$$H_{\min} = 80,5 + 119,5 = 200 \text{ мм}$$

Общая минимальная высота нижней опоки:

$$H_{\min} = 72,5 + 60 = 132,5 \text{ мм}$$

На автоматической формовочной линии «Мультиوماتик 40,5» используются опоки с габаритами в свету 1000x800x200 мм.

2.6. Выбор припусков на механическую обработку

Припуски на механическую обработку даются на всех обрабатываемых поверхностях отливки. Величина припуска зависит от положения поверхности при отливке, способа формовки и чистоты обработки поверхности, а также от величины отливки и самой обрабатываемой поверхности. Припуски на механическую обработку назначаются согласно ГОСТ Р 53464-2009, [5].

Класс точности отливки 11-0-0-11 по [5].

Таблица 12 – Допуски на размеры и припуски на механическую обработку

Размер, мм	Допуск, мм	Припуск, мм
28	3,6	4,4
5	2,2	3
70	4,4	5
252	6,4	6,5
M39	3,6	4,4
M52	4	4,8
30	3,6	4,4
120	5	5,5

Шесть отверстий диаметром 14 мм заливаем и выполняем последующей механической обработкой, а также заливаем отверстия диаметром 26, 24 и 12 мм.

Вес припусков на механическую обработку рассчитываем по формуле:

$$m = V \cdot \rho,$$

где V – объем припуска, см³;

ρ – плотность жидкого металла, г/ см³.

Вес припусков на механическую обработку составляет 1,5 кг. Чистый вес (вес детали) – 7,2 кг. Итого ориентировочно вес литой заго-

товки – 8,7 кг. Точный вес устанавливается на производстве после коммиссионного взвешивания трех деталей с составлением акта взвешивания.

2.7. Расчет прибылей

Прибылью называется специальный, не предусмотренный чертежом литой детали технологический прилив к поверхности отливки, предназначенный для сосредоточения в нем усадочной раковины в процессе питания затвердевающей отливки жидким металлом.

Кроме того, прибыль служит также выпором и резервуаром, в который могут всплывать продукты разложения литейной формы, шлаковые включения и продукты реакции, происходящие в жидком металле. Прибыль располагают так, чтобы металл, сохраняющийся в прибыли в жидком состоянии, мог непосредственно поступать в затвердевающие части отливки для компенсации уменьшения их объема, вызванного усадкой сплава. Установка прибылей является наиболее эффективным способом предупреждения образования усадочных раковин и пор в отливках.

Прибыли могут использоваться практически для всех сплавов, они особенно эффективны для сплавов, обладающих большой объемной усадкой: стали, высокопрочные чугуны, латуни, бронзы и др.

Для расчета прибыли применим метод И. Пржибыла. Этот метод применим для многих литейных сплавов, но более надежные результаты он дает в случае образования концентрированных усадочных раковин характерных для стальных отливок.

Для расчета прибыли используем формулу:

$$V_{np} = \frac{V_{ny} \cdot \varepsilon_{v\Sigma}}{\beta - \varepsilon_{v\Sigma}},$$

где β - коэффициент экономичности прибыли (коэффициент β зависит от типа прибыли);

V_{ny} - объем питаемого узла отливки;

$\varepsilon_{V\Sigma}$ - объемная усадка, принимающая участие в формировании усадочной раковины (для данной стали $\varepsilon_{V\Sigma} = 0,045$).

Отливка «Колпак» имеет три термических узла, причем для компенсации усадки в двух термических узлах применим прибыли, а в третьем (нижнем) установим внутренний холодильник. Объемы питаемых узлов составляют:

$$V_{ny1} = 564 \text{ см}^3;$$

$$V_{ny2} = 526 \text{ см}^3;$$

$$V_{ny3} = 26 \text{ см}^3.$$

Для питания отливки будем использовать открытые прибыли.

Рассчитаем объем прибылей (для открытых прибылей коэффициент $\beta = 0,1 - 0,11$, принимаем $\beta = 0,11$):

$$V_{np1} = \frac{564 \cdot 0,045}{0,11 - 0,045} = 390,5 \text{ см}^3;$$

$$V_{np2} = \frac{526 \cdot 0,045}{0,11 - 0,045} = 364,2 \text{ см}^3.$$

Прибыль №1 будет в виде цилиндра, а прибыль №2 в виде параллелепипеда. Определим геометрические размеры прибылей. Зная что высота опоки составляет 200 мм определим высоты прибылей.

Прибыль №1:

$$H = 200 - 80,5 = 119,5 \text{ мм}.$$

Прибыль №2:

$$H = 200 - 72,5 = 127,5 \text{ мм}.$$

Зная высоту прибылей и объем можно найти остальные геометрические размеры.

Диаметр прибыли №1 равен:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{np1}}{\pi \cdot H}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 390.5}{3.14 \cdot 11.95}} = 6.4 \text{ см.}$$

Длина прибыли №2 равна (при условии что ширина прибыли $B=2,7$ см):

$$L = \frac{V_{np2}}{B \cdot H} = \frac{364.2}{2.7 \cdot 12.75} = 10.6 \text{ см.}$$

Определим массу прибылей по следующей формуле:

$$G_{np} = \sum V_{np} \cdot \rho,$$

где $\sum V_{np}$ – суммарный объем всех прибылей;

ρ – плотность сплава ($\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$).

$$G_{np} = (390.5 + 364.2) \cdot 7,8 = 5,9 \text{ кг.}$$

2.8 Расчет внутренних холодильников

Внутренние холодильники – этот тип холодильников обеспечивает равномерное направленное затвердевание стенок отливки. При правильном расположении внутренних холодильников происходит выравнивание скорости охлаждения различных частей отливки, что приводит к снижению литейных напряжений. На основании исследования процессов, сопровождающих затвердевание стали с внутренними холодильниками установлено:

1. Установка внутренних холодильников приводит к понижению однородности свойств стали в отливке.

2. При правильном расположении внутренних холодильников происходит выравнивание скорости охлаждения различных частей отливки, что приводит к снижению литейных напряжений, уменьшению ликвации углерода, серы и фосфора и понижению расхода стали для пополнения образовавшегося объема усадочной раковины.

3. Необеспечение направленного затвердевания в междухолодильниковом пространстве и связанное с этим недостаточное питание приводят к развитию междендритной пористости в таком пределе, при котором она переходит в усадочную рыхлость и получается связанное с этим понижение пластических свойств стали в отливке.

Внутренние холодильники устанавливаются при сборке формы. В форме холодильники устанавливаются на гвоздях или специальных угольниках, которые вставляются в наколы, выполненные в форме перед ее сушкой. При установке большого количества холодильников в формы они укладываются крест-накрестштабелем, причем плотность укладки их снизу вверх уменьшается. Расстояние от поверхности отливки до холодильников должно быть не менее двух диаметров самих холодильников.

Излишне большое количество внутренних холодильников при их неравномерной укладке приводит к быстрому загустению залитой в форму стали. Результатом этого явления будет появление междендритной пористости.

Ржавчина и окалина на поверхности холодильников способствуют образованию в отливке газовых раковин, что приводит к полной или частичной несвариваемости холодильников с основным металлом в форме. В результате механическая прочность отливки понижается.

Во избежание окисления поверхности холодильников форма после постановки их должна быть залита не позднее как через 3-4 часа. Сушка формы со вставленными в нее холодильниками не рекомендуется, так как это способствует окислению поверхности холодильников.

Материал внутреннего холодильника принимается близким по химическому составу к материалу отливки. В качестве материала для холодильника может приниматься проволока диаметром 6-12 мм, прутковая сталь, стружка, гвозди специальные и строительные, обрезки от поковок и проката (при крупных отливках). Перед постановкой холодильника в форму поверхность его должна быть очень хорошо очищена от окали-

ны, грязи, масла и т.д. Стружку, применяемую в качестве холодильника, прокаливают в печи.

Для отливки «Колпак» в качестве холодильников будем использовать гвозди.

Для определения веса внутреннего холодильников можно воспользоваться формулой Ю.А. Нехендзи:

$$G_x = (0.04 \dots 0.06) \cdot G_{ny} = (0.04 \dots 0.06) \cdot V_{ny} \cdot \rho,$$

где G_{ny} – масса питаемого узла.

$$G_x = 0.05 \cdot 26 \cdot 7.8 = 10.2 \text{ г.}$$

Диаметр холодильника d_x выбирается в зависимости от размера охлаждаемого узла D_y в соотношении $d_x = (1/4 \dots 1/10) \cdot D_y$.

$$d_x = 1/10 \cdot 40 = 4 \text{ мм.}$$

Исходя из выше сказанного для обеспечения направленного затвердевания и устранения усадочных дефектов в нижний термический узел установим четыре гвоздя 4х100.

2.9 Расчет литниково-питающей системы

Для обеспечения нормального заполнения формы металлом при заливке необходимо произвести расчет литниковой системы (питатель, шлакоуловитель, стояк). Подвод металла к отливке будет осуществляться по разъему [7].

Для расчета площади поперечных сечений элементов литниковой системы необходимо рассчитать оптимальное время заполнения формы.

Рассчитаем оптимальное время заполнения формы

$$\tau_{opt} = S_1 \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G_{ж}},$$

где S_l - коэффициент, учитывающий жидкотекучесть сплава и тип литниковой системы;

δ - преобладающая толщина стенки отливки, мм;

$G_{жс}$ – масса жидкого металла, заливаемого в форму, кг.

$$G_{жс} = N \cdot (G_{отл} + G_{пр}) + G_{л.с.},$$

$$G_{л.с.} = 0,1 G_{жс}.$$

$$G_{жс} = N \cdot (G_{отл} + G_{пр}) + 0,1 \cdot G_{жс} = \frac{N \cdot (G_{отл} + G_{пр})}{0,9} = \frac{4 \cdot (8,7 + 5,9)}{0,9} = 65 \text{ кг.}$$

$$\tau_{онт} = 1,6 \cdot \sqrt[3]{8,5 \cdot 65} = 13,1 \text{ с.}$$

Рассчитанную продолжительность заполнения формы надо уточнить путем проверки на допустимую линейную скорость подъема уровня расплава. Поэтому линейная скорость подъема уровня расплава $v_{лр}$ должна быть в пределах допустимой скорости $v_{кр}$ (для стали $v_{кр} = 10 - 30$ мм/с).

Поворотный ковш обусловлен тем, что жидкая сталь с открытой поверхности активно взаимодействует с атмосферой литейной формы, что ведет к окислению и образованию оксидных плен, а также интенсивному остыванию за счет тепловых потерь излучением; возможно затвердевание в период заполнения формы и возникновение дефектов в виде неслитин, спаев и плен.

Значение находят по простому соотношению:

$$v_{лр} = C / \tau_{онт},$$

где C – высота отливки, мм;

$\tau_{онт}$ - время заполнения, с.

$$v_{лр} = C / \tau_{онт} = 272,5 / 13,1 = 20,8 \text{ мм/с.}$$

После выбора типа литниковой системы и места подвода металла к отливке рассчитывают площади поперечных сечений и определяют размеры элементов литниковой системы. F_n площадь сечения питателей яв-

ляется узким местом, так как масса заливаемой отливки «Колпак» из стали 20ГЛ составляет 8,7 кг и заливка производится из поворотных ковшей.

Рассчитаем площадь узкого места:

$$F_{уз} = \frac{G_{жс} \cdot 1000}{\mu \cdot \tau_{онт} \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_p}},$$

где ρ – плотность жидкого сплава, г/см³;

μ – коэффициент расхода литниковой системы;

H_p – гидростатический напор в системе, см;

g – ускорение свободного падения, 981 см/с².

$$H_p = H_0 - \frac{P^2}{2 \cdot C},$$

где H_0 – высота верхней опоки плюс высота литниковой воронки, см;

P – расстояние от места подвода до верхней части полости формы, см;

C – общая высота отливки, см.

$$H_p = 20 - \frac{20^2}{2 \cdot 27.25} = 12,7 \text{ см.}$$

$$F_{уз} = \frac{65 \cdot 1000}{0,32 \cdot 13,1 \cdot 7,8 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 12,7}} = 12,6 \text{ см}^2.$$

Так как в форме изготавливается четыре отливки, а на отливку два питателя, то получаем общее число питателей – восемь.

Тогда площадь питателя равна:

$$F_{пит} = 12,6 / 8 = 1,58 \text{ см}^2.$$

Определение площадей остальных элементов литниковой системы осуществляется по эмпирическим соотношениям, зависящим от сплава и положения узкого места системы. Для средних и крупных стальных отливок выбираем следующее соотношение [5]:

$$\Sigma F_{num} : \Sigma F_{шл} : \Sigma F_{см} = 1,0 : 1,2 : 1,4.$$

$$\Sigma F_{шл} = 12,6 \cdot 1,2 = 15,12 \text{ см}^2.$$

Так как в форме находится два шлакоуловителя, то площадь каждого шлакоуловителя составляет:

$$F_{шл} = 15,12/2 = 7,56 \text{ см}^2.$$

$$F_{см} = 12,6 \cdot 1,4 = 17,64 \text{ см}^2.$$

По площадям поперечного сечения элементов литниковой системы и типу формовки сконструируем питатель, шлакоуловитель, стояк, литниковую чашу или воронку. Размер литниковой воронки определим по формуле:

$$D_{\epsilon} = H_{\epsilon} = (2,0 \dots 3,0) \cdot D_{ст.в.}$$

Найдем диаметр верха и низа стояка:

$$D_{ст.н.} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{см}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 17,64}{3,14}} = 4,7 \text{ см.}$$

$$D_{ст.в.} = D_{ст.н.} + 0,3 = 4,7 + 0,3 = 5 \text{ см.}$$

$$D_{\epsilon} = H_{\epsilon} = 2,0 \cdot 5 = 10 \text{ см.}$$

На практике чаще всего применяют трапецеидальные питатели и шлакоуловители, для отливки «Колпак» примем трапецеидальные шлакоуловитель и питатель.

Рассчитаем геометрические размеры питателя, принимаем нижнее основание равным a , верхнее $b=0,8a$ и высота h равная a , следовательно, площадь питателя равна $0,9a^2$:

$$F_{num} = 0,9a^2 \Rightarrow a = \sqrt{\frac{F_{num}}{0,9}} = \sqrt{\frac{1,58}{0,9}} = 1,32 \text{ см.}$$

$$b = 0,8 \cdot 1,32 = 1,06 \text{ см.}$$

Рассчитаем геометрические размеры шлакоуловителя, принимаем нижнее основание равным a , верхнее $b=0,8a$ и высота $h=0,9a$, следовательно, площадь шлакоуловителя равна $0,81a^2$:

$$F_{\text{ул}} = 0,81a^2 \Rightarrow a = \sqrt{\frac{F_{\text{ул}}}{0,81}} = \sqrt{\frac{7,56}{0,81}} = 3,06 \text{ см.}$$

$$b = 0,8 \cdot 3,06 = 2,45 \text{ см.}$$

$$h = 0,9 \cdot 3,06 = 2,75 \text{ см.}$$

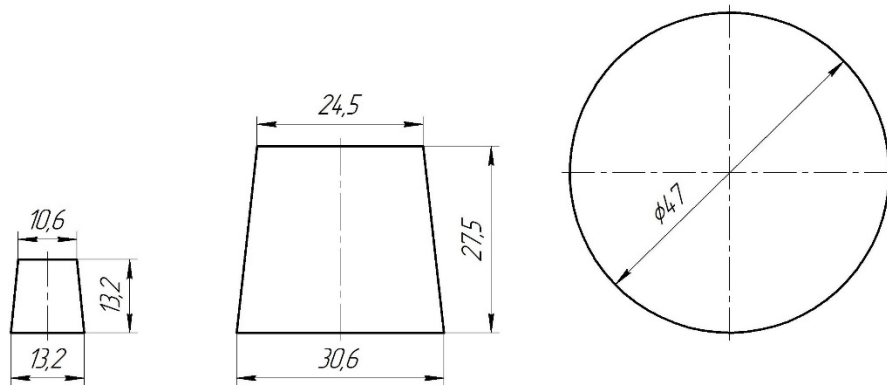


Рисунок 1 – Сечения элементов литниковой системы

2.10. Литейная форма и стержни

2.10.1. Технология изготовления полуформ

Формовкой называется процесс изготовления литейных форм и стержней с помощью модельно - опочной оснастки из формовочных и стержневых смесей. Этот процесс включает в себя следующие операции:

- подготовку оснастки и формовочной смеси;
- доставку смеси к рабочему месту;
- заполнение рабочей полости смесью;
- уплотнение смеси для придания ей технологических свойств;
- организация вентиляции формы для облегчения выхода из ее полости газов, образующихся при заливке;
- извлечение модели из формы;
- отделка формы;
- установка жеребеек, стержней, холодильников;
- сборка и скрепление формы;

- загрузку формы перед заливкой.

Изготовление форм

Изготовление форм производится на автоматической формовочной линии «Мультиматик 40,5», на двух – и однопозиционных формовочных автоматах для изготовления нижней и верхней полуформ. Порядок изготовления форм:

- проверить исправность модельной оснастки;
- проверить плотность прилегания модельных наборов к носителям путем простукивания. При ощущении вибрации вызвать модельщика;
- проверить правильность установки модельного набора;
- проверить давление сжатого воздуха $P = 6-7 \text{ кг/см}^2$. При давлении менее $5,5 \text{ кг/см}^2$ включить компрессор;
- установить шифр бригады или условный номер плавки на модель;
- нанести разделительную смазку для металлических моделей;
- натереть алюминиевой пудрой или тальком модели из дерева;
- передать опоку низа и верха на протяжную рамку;
- опустить столы формовочных автоматов в исходное положение;
- проверить визуально наличие штырей и втулок в опоках. При их отсутствии пропускать;
- проверить параллельность носителя модельной плиты и протяжной рамки путем замера размера от носителя модельных плит до лада опоки в четырех углах. Разность размеров должна быть не более 0,5 мм. При превышении данного допуска отрегулировать положение протяжной рамки;
- проверить зазор между протяжной рамкой и направляющими опок верха и низа. Зазор должен быть не менее 3 мм. При отсутствии зазора или при зазоре менее 3 мм вызвать слесаря и отрегулировать положение рамки.
- установить опоку верха и низа на модельные плиты;
- повернуть рукоятку смазочного устройства не менее 20 раз;
- наполнить опоки формовочной смесью;

- уплотнить смесь встряхиванием. Время встряхивания 3-6 секунд.
- переместить прессбалку формовочной машины и уплотнить смесь прессованием. Время прессования 3-8 секунд.
- проверить уровень смеси в опоке после прессования. Уровень должен быть не выше 3 мм выше от уровня контрлада опоки низа и не ниже его, в опоке верха не выше уровня контрлада и не ниже буртика опоки. При нарушении вышеуказанных условий полуформу забраковать и произвести корректировку дозировки смеси на следующей форме;
- поднять опоки верха и низа;
- передать опоку низа на конвейер тележечный;
- проверить годность форм при каждом подъеме визуально;
- проверить плотность набивки полуформы верхи и низа;
- проверить совпадение стояка и литниковой воронки в начале смены и при установке нового набора;
- проверить конфигурацию литниковой воронки на прессующей плите, при необходимости заменить.
- очистить стык между воронкой и стояком вручную;
- проверить годность полуформы верха путем осмотра верха модели после протяжки. В случае обнаружения остатков формовочной смеси на моделях – полуформу забраковать путем поломки литниковой чаши.
- установить холодильники в полуформу;
- набить условный номер плавки;
- установить стержни в полуформу низа;
- установить жеребейки;
- проверить правильность установки стержней шаблонами или визуально;
- обдуть полуформу низа;
- передать полуформу низа к спаривающему устройству;
- передать полуформу верха к спаривающему устройству и спарить полуформу низа с полуформой;

- проверить центровку опок в спаривающем устройстве. Штырь направляющий верхней опоки не должен ударяться об опоку низа при спаривании. При нарушении данного условия вызвать слесаря и отрегулировать центровку опок.
- передать собранные формы к приспособлению для установки и съема грузов;
- нагрузить собранные формы грузом;
- проверить правильность установки грузов визуально;
- передать спаренные и собранные формы на участок заливки;
- проверить зазор между верхней и нижней полуформой на всем фронте заливки. Формы с зазором более 1 мм браковать.

2.10.2. Определение количества стержней и их размеры

Стержни устанавливают в форму при ее сборке в определенной последовательности. Устойчивое положение стержней в форме обеспечивается их знаками, но в некоторых случаях используют специальные металлические подставки – жеребейки. Основное назначение знаков – обеспечить надежность и точность фиксирования стержня в форме. Размеры и конфигурацию знаковых частей стержней назначают по ГОСТ, [5] с учетом размеров стержня, способа формовки и положения стержня в форме. Для исключения неправильной установки в форму несимметричного стержня размеры, а иногда и форму знаков на его концах следует принимать разными.

Стержни, находящиеся в контакте с металлом всей внешней поверхностью кроме знаковых частей, нуждаются в устройстве специальных газоотводных каналов, которые выводят газы стержня в знаковые части, а через них в форму, обладающей большей газопроницаемостью, чем сам стержень. Через форму газы выходят в окружающую среду.

Выбранное положение отливки в форме должно обеспечить получение формы с минимальным количеством стержней. После выбора положения отливки в форме и поверхности ее разъема определяются контуры стержней, необходимых для выполнения всех полостей отливки и элементов наружной ее поверхности, требующих для своего оформления применение стержней.

При этом необходимо стремиться к уменьшению количества стержней путем замены их болванами или объединения стержней.

Для изготовления отливки «Колпак» будем использовать один стержень, располагающийся горизонтально.

Длину горизонтальных стержневых знаков выбирают по таблице 13, в зависимости от длины стержня L и его диаметра D или от величины $(a+b)/2$.

Таблица 13 – Длина горизонтальных знаков стержней по [5]

Размер стержня ($a+b$)/2 или D , мм	Длина знака при длине стержня L , мм							
	До 50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500
До 30	20	25	30	35	-	-	-	-
30-50	20	25	30	35	45	50	-	-
50-80	20	25	30	40	50	55	60	70
80-120	20	25	35	45	55	60	70	80

Таблица 14 – Формовочные уклоны на знаковых частях стержня

h_n или h_b , мм	$\alpha, ^\circ$	$\beta, ^\circ$	$\alpha_1, ^\circ$
До 30	10	15	4
30 – 50	7	10	3
50 – 80	6	8	2
80 – 120	6	8	2
120 – 180	5	6	1
180 – 250	5	6	0

Из таблицы 13 выбираем длину горизонтального знака (при диаметре 55 мм и длине стержня 265 мм) $l = 55$ мм. Из таблицы 14, формовочный уклон для знаков назначим β^0 .

2.11. Сборка и заливка формы

Сборка форм – ответственный процесс, требующий внимания и аккуратности. Сборка включает операции: подготовка полуформ и стержней к сборке, установка стержней, контроль положения стержней, накрытие нижней полуформы верхней. Полуформы, поступающие на сборку, тщательно осматривают. К сборке не допускают полуформы, имеющие повреждения или дефекты.

Перед сборкой полость полуформы продувают сжатым воздухом, чтобы удалить из нее частицы смеси и инородные тела. Стержни устанавливают в форму в последовательности, указанной на сборочном чертеже или в технической карте. При этом необходимо следить за тем, чтобы знаки стержней точно становились в отпечатки знаков модели.

Положение каждого стержня относительно формы и других стержней проверяют контрольными шаблонами. На автоматической формовочной линии «Мультиматик 40,5» сборка форм производится механизмами линии – сборщиками – устройствами для установки верхней полуформы на нижнюю.

Соединение полуформ производится по направляющим штырям.

На участке стального литья для заливки форм применяем 6-ти тонные чайниковые ковши. Ковши футеруются, для футеровки ковшей применяют сядинасовый кирпич ЭБ–2. Кладка производится с заполнением всех швов раствором. Зазор между кирпичами должен быть не более 2 мм. Второй слой кирпича кладется с перекрытием швов первого слоя. Сушится ковш газовой горелкой, продолжительность сушки не менее 1,5 часа.

2.12. Выбивка, обрубка, очистка

Вывивка отливок осуществляется на автоматической формовочной линии путем выдавливания кома смеси.

Порядок выбивки:

- переместить залитые опоки к механизму выбивки;
- переместить опоку в область выдавливающего пуансона;
- выдавить ком смеси с отливкой из опоки;
- вернуть опоки на тележку конвейера;
- поднять ком;
- переместить ком в тележку транспорта для охлаждения комов;
- транспортировать тележку с комами в охлаждающий конвейер – выполняется в автоматическом режиме;
- охладить отливки в коме смеси. Время охлаждения не менее 30 мин;
- охлажденный ком вытолкнуть на склиз и вибрационную решетку;
- очистить куст отливок от формовочной смеси;
- передать куст отливок к месту сортировки.

Обрубку осуществляют пневматическими рубильниками и молотками.

Также для обрубки отливок применяют галтовочные барабаны. В них не только отливка очищается от смеси, но и обламываются элементы литниково-питающей системы. Остатки элементов литниковой системы отрезают абразивными кругами, а также зачищают различные дефекты (заливы).

2.13. Термообработка

Обычно после затвердевания отливки имеют грубозернистую структуру и большие литейные напряжения, а также неравномерные в различных частях отливки или низкие механические свойства. При термообработке путем нагрева до определенной температуры, некоторой выдержки при этой температуре и последующего охлаждения изменяют структуру стальных отливок и получают необходимые прочность, пластичность, износостойкость, обрабатываемость и особые физические свойства. Стальные отливки могут подвергаться следующим видам тер-

мообработки: отжиг, нормализация, закалка, отпуск и химико-термическая обработка [6].

Сталь 20ГЛ подвергается нормализации, [1]. Отливки нагревают до температуры 880-920⁰С выдерживают 1,5-2 часа и охлаждают на воздухе.

При нормализации происходят структурные изменения в отливке. В следствии полной фазовой перекристаллизации формы и размеров зерна, увеличение дисперсности фаз и структурных составляющих и получение более однородной мелкозернистой структуры [6].

Нормализация проводится по режиму:

- нагрев до температуры 880 – 920⁰С;
- выдержка 1,5 – 2 ч;
- охлаждение на воздухе [1].

2.14. Контроль качества

Кроме промежуточного контроля, производимого на различных стадиях технологического процесса, отливки проходят окончательный контроль для определения соответствия их требованиям технологических условий.

Отливка «Колпак» относится к отливкам третьей группы, [1], поэтому она проходит контроль:

- по внешнему виду (размеры, дефекты);
- химическому составу;
- механическим свойствам (предел текучести, относительное удлинение, ударная вязкость);
- герметичность.

При внешнем осмотре проверяют на соответствие размеров отливок размерам чертежа (с помощью скоб, кондукторов, шаблонов и других приспособлений), а также визуальный контроль на наличие на отливке литейных дефектов.

При производстве отливок «Колпак» проводят следующие виды контроля:

- контроль химического состава; при этом отлитые образцы проверяют в цеховой лаборатории методом спектрального анализа, так как этот способ определения более быстрый, но при необходимости проводят химический анализ. Проверяется каждая партия отливок.

- контроль механических свойств; испытания ведут по специально отлитым образцам (пробам). При контроле данной отливки определяют предел прочности при растяжении и относительное удлинение.

- контроль размерной точности - отливки проверяют на соответствие их чертежу. Контроль выполняют на разметочной плите линейкой, штангенциркулем, циркулем, рейсмусом, шаблонами и другими измерительными инструментами.

- контроль микроструктуры - микроструктуру отливок проверяют по специальным образцам (пробам). На которых изготавливают шлифы.

- контроль качества поверхности отливок, проверяют на соответствие технологическим условиям.

- контроль герметичности воздухом под давлением 0,35 МПа.

2.15. Виды брака и методы предотвращения

Отливки, прошедшие промежуточный контроль на различных этапах технологического процесса, подвергают окончательному контролю для определения их соответствия требованиям стандартов.

Проверка идет по химическому составу, структуре сплава, геометрии отливок, соответствие физико-механическим свойствам и установлению отсутствия поверхностных и внутренних дефектов. В зависимости от назначения и ответственности отливок применяют либо сплошной, либо выборочный контроль.

Соответствие по геометрии устанавливают путем разметки отливок на специальных столах с помощью мерительного инструмента. Выявление идет таких дефектов, как коробление, перекося, подутлость и разностен.

Механические свойства определяют испытаниями отдельно изготовленных или прилитых образцов на специальных стендах или машинах.

Внутренние дефекты устанавливают неразрушающими методами:

- радиографическая дефектоскопия (глубоко залегающие шлаковые, газовые, усадочные и песчаные раковины, рыхлоты и трещины);
- ультразвуковой контроль (поверхностно залегающие шлаковые, газовые, усадочные и песчаные раковины, рыхлоты и трещины);
- цветовая, люминесцентная и магнитная дефектоскопии – обнаружение дефектов расположенных на поверхности отливки.

Дефекты отливок исправляют, если это технически возможно и экономически выгодно. Различают бракованные отливки: незначительные (снижается сортament отливки), окончательный брак (отливка идет на возврат) и исправимый.

После исправления дефектов отливки вновь подвергаются контролю.

Несоответствие размеров отливки чертежу. Возникает в основном из-за плохой сборки формы (плохо досаженный стержень). Этот вид брака чаще всего возникает по невнимательности рабочих-сборщиков форм.

Перекося. Чаще всего возникает в результате отсутствия штырей на опоках или износа втулок, или из-за неточного набора моделей на модельные плиты. Этот вид брака возникает в основном по вине модельщиков или мастеров на участке.

Усадочные раковины. Возникают вследствие недостаточного питания массивных узлов отливки, нетехнологичной конструкции отливок, неправильной установки литников и прибылей, заливки чрезмерно перегретым металлом.

Газовые раковины. Возникают в основном из-за плохой вентиляции формы (низкая газопроницаемость, отсутствие наколов-газоотводов).

Газовые раковины имеют гладкую поверхность и представляют собой округлые поверхности (шарики).

Горячие трещины возникают в отливках при высокой температуре заливаемого металла, повышенной усадке отливки, неправильной конструкции литниковой системы и прибылей, при плохой податливости стержня и формы, неправильной конструкции отливок, неравномерном охлаждении, вызывающем внутренние напряжения в отливке, а также при отклонениях химического состава металла от заданного. Горячие трещины имеют темную окисленную поверхность, тогда как холодные трещины, образующиеся при более низких температурах металла, имеют светлую металлическую неокисленную поверхность.

3. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ

3.1. Плавильное отделение

3.1.1. Преимущества дуговых сталеплавильных печей постоянного тока

Работами отечественных специалистов доказана целесообразность применения ДППТ любой (в том числе и малой) вместимости. Отработаны технологии, показана экономическая и техническая эффективность их применения для плавки сплавов на основе алюминия, меди, различных марок стали, чугуна, включая синтетический.

Это позволяет существенно расширить область применения и рассматривать ДППТ как конкурентоспособный агрегат не только на металлургических предприятиях, но и в литейном производстве вместо малых и средних ДСП и индукционных печей различных типов.

Накопленный к настоящему времени опыт эксплуатации показал, что ДППТ имеют следующие преимущества при выплавке стали и чугуна;

- снижение пылегазовыбросов в 7-15 раз;
- уменьшение угара легирующих элементов при переплаве сталей и сплавов на 35-85%;
- снижение угара шихты на 0,5-1,5% и за счет этого дополнительный слив металла 20-40 кг/т;
- снижение уровня шума во все периоды плавления на 15 дБ;
- возможность выплавки стали с заданными свойствами из любой металлошихты, включая стальную стружку, а так же серый, высокопрочный, легированный чугуны.

По сравнению с пламенными, индукционными печами и печами сопротивления определены следующие преимущества:

- увеличена удельная вводимая мощность и производительность порасплавлению в 3-4 раза;

- снижен удельный расход электроэнергии на 20-35% при непрерывной работе;
- угар металла составляет менее 0,5-1,5%;
- увеличена стойкость футеровки (до двух лет), предельно просты условия её эксплуатации;
- высокое качество металла за счет существенного уменьшения количества неметаллических включений;
- брак отливок снижен в 2 раза;
- высокая мобильность печи, возможность включения-отключения в любой момент времени, получение расплава на холодной печи через 10-30 мин после включения;
- разовая механизированная завалка шихты, возможность плавления при 20-100%) номинальной вместимости (по массе металла).

Отличительной особенностью дуговых печей постоянного тока (ДППТ) является наличие только одного верхнего графитированного электрода (катода), расположенного вдоль вертикальной оси печи, и подовых электродов (анодов) в подине печи.

Основные предпосылки внедрения этих печей:

- более низкий расход электродов 1,5-2,0 кг/т;
- экономия электроэнергии 3-5%;
- эффективное, более равномерное распределение теплоты;
- снижение расхода огнеупорных материалов;
- естественное перемешивание расплава;
- более простой уход за печью;
- уменьшение отрицательного влияния на питающую сеть, возможность подключения в сети с меньшей мощностью короткого замыкания.

При выборе оборудования для литейного цеха следует обратить внимание на другие особенности ДППТ по сравнению с известными печами. Использование постоянного тока позволяет размещать источники электропитания вдали от печей, в том числе за пределами цеха.

Отсутствие водоохлаждаемых элементов и нагревателей под металлом и массивная футеровка подины увеличивают надежность и взрывобезопасность печей, особенно по сравнению с индукционными.

ДППТ не боятся отключений электропитания в любой период плавки, могут работать с полным и частичным сливом расплава, допускают длительные простои между плавками. Отсутствие ограничений по уровню удельной вводимой мощности позволяет проектировать высокопроизводительные печи.

Для футеровки ДППТ можно использовать широкую гамму огнеупорных материалов, не предъявляя к ним повышенных требований.

Переплав в ДППТ не требует специальной подготовки шихтовых материалов, а их предварительный нагрев позволяет дополнительно снизить расход электроэнергии. Подину печи изготавливают из нескольких слоев: первый, соприкасающийся с жидким металлом, - набивной из огнеупорного порошка, который может быть выполнен из кварцевого песка (кислый процесс) или магнезитового порошка (основной процесс), второй слой выполняют из динасового или шамотного кирпича, а последующие слои - из шамотного кирпича, диатомита и асбеста. Стены печи многослойны.

Футеровку для выплавки стали 20ГЛ применяем кислую. Перед плавкой электродуговую печь футеруют. Свод выкладывают по шаблону динасовым кирпичом, а затем футеруют смесью, состоящей из огнеупорной массы: 52% кварцевого песка, 26% огнеупорной глины, 22% воды. Под и откосы печи футеруют динасовым кирпичом. При этом оставляют зазор между кожухом печи и футеровкой 50-60 мм, который засыпают порошком динасового кирпича. Кладку печи производят в сухую перевязку.

Перед набивкой кирпичную кладку пода просушивают газом в течение 3-5 ч, после чего футеровку смазывают жидким стеклом для лучшего соединения слоев пода, набивают откосы. После набивки откосов пода печь накрывают сводом и сушат в течение 3-4 ч, затем забрасывают кокс и усиливают горение вдуванием сжатого воздуха.

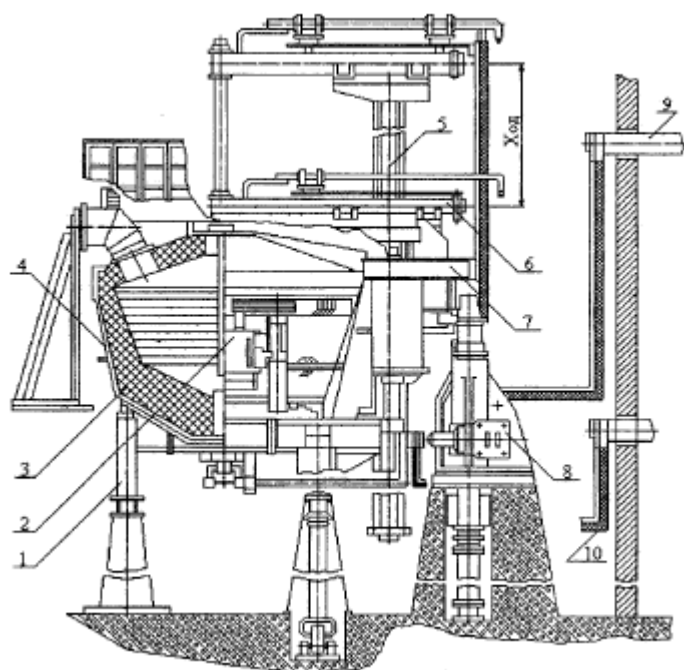


Рисунок 3 - Печь ДППТ в разрезе

1 - механизм наклона; 2 - рабочее окно; 3 - футеровка ванны и свода; 4 - кожух ванны; 5 - стойка; 6 - электрододержатель; 7 - траверса; 8 - механизм подъема и поворота свода; 9 - токопровод; 10 - кабельная гирлянда.

3.1.2. Выплавка стали в дуговой сталеплавильной печи

Процесс плавки разделён на три периода, которые проводят при постоянной мощности дуги.

Период 1 - подготовительный, его проводят на высоком напряжении и небольшом токе дуги. Режим дуги позволяет вести расплавление шихты без привязки анодного пятна на расплав. Длинная дуга обеспечивает стабильный электрический режим, интенсивный нагрев печных газов, плавный нагрев всего объёма шихты. Локальный перегрев металла не возникает, так как капли металла, нагреваясь, преодолевают силы поверхностного натяжения и немедленно стекают вниз.

В периоде 1 отгоняются органические загрязнения шихты, пары которых выходят из отверстия в своде и догорают до завершённых оксидов.

Во всех периодах плавки колебания активной мощности по сравнению со средним значением не превышают $\pm 10\%$. Колебания давления в

печи за счет стабилизации электрического режима подавлены, и подсос воздуха в печь не наблюдается. В течение периода 1 в шихте образуется расширяющаяся вверх воронка, которая в периоде 2 исключает обрушивание шихты на сводовый электрод и замораживание металла на подине.

Период 2 - энергетический. Обеспечивается стабильный электрический режим при колебании мощности не более $\pm 5\%$. Этот режим способствует быстрому расплавлению шихты и не приводит к заметному локальному перегреву металла. Ток дуги удваивают, а напряжение в 2 раза снижают. В начале периода 2 анодное пятно дуги располагается на расплаве. Основная мощность дуги излучением и конвекцией печных газов передаётся на шихту, которая продолжает плавиться, и около 20% мощности дуги передаётся через анодное пятно в расплав.

Перегрев расплава под дугой в периодах 2 и 3 предотвращается размещением подовых электродов, формирующим тороидальное вращение металла в вертикальной плоскости, при котором поток металла с большой скоростью подтекает под дугу и уходит вглубь расплава.

В этих условиях температурное поле расплава выравнивается из-за интенсивной конвективной теплопередачи через расплав, а высокая скорость движения металла под дугой не допускает его локального перегрева.

Снижению удельного теплового потока через анодное пятно дуги способствует низкая плотность тока в нем и наличие шлакового покрова. Во всех периодах плавки происходит минимальный угар металла, не образуется первичный шлак. В этих условиях состав шлака и его активность можно регулировать подачей шлакообразующих элементов.

Образованный шлак жидкоподвижен и вследствие интенсивного перемешивания металла эффективно взаимодействует с расплавом.

Период 3 - технологический. Третий режим по сравнению с первым проводится при короткой дуге с напряжением, сниженным в четыре раза, и силе тока, в четыре раза увеличенной. При этом происходит до-

плавление шихты, нагрев расплава, рафинирование и перемешивание расплава и шлака.

В процессе рафинирования нагрев металла ведётся на полной мощности при коротких включениях дуги.

Доля энергии, передаваемой в этот период непосредственно от дуги к расплаву, превышает 80% подведенной. Интенсивная теплопередача от дуги к расплаву реализуется под воздействием поля электромагнитных сил в расплаве. Этому способствует специальная схема размещения подовых электродов и токоподводов к ним.

Соответствующие режимы регулирования силы тока дуги обеспечивают устойчивое управляемое перемешивание расплава в вертикальной и горизонтальной плоскостях с максимальной скоростью движения расплава из-под дуги вглубь ванны. Это предотвращает локальный перегрев, так как нагреваемый под дугой металл быстро замещается набегаящим «холодным» расплавом. Перемешивание также препятствует возникновению локальных вихрей над подовыми электродами, предотвращая их разрушение. Скорость теплопередачи от дуги к расплаву увеличивается пропорционально росту силы тока. Это позволяет поддерживать указанный механизм плавления в широком интервале подводимой удельной мощности (от 0,3 до 8,0 кВт/кг шихты) в печах малой, средней и большой (до 100 т) вместимости, обеспечивая их высокую производительность.

Скорость расплавления в ДППТ нового поколения большой ёмкости ограничивается только теплопроводностью массивных кусков шихты и допустимой мощностью источников электропитания. В печах вместимостью 30 т продолжительность расплавления шихты может составить 30-40 минут.

Во все периоды плавки окисление и испарение металла сведены до минимума (даже при плавлении стружки), что обеспечивает малый пылевывброс из печи.

Для формирования шлака на поверхности расплава в печь вводят шлакообразующие материалы, которые можно подавать в любой период плавки, в том числе и вместе с загружаемой шихтой. Из-за низкого угара легирующих элементов их также можно загружать вместе с шихтой.

При подаче легирующих элементов в расплав, благодаря перемешиванию металла, они быстро растворяются и равномерно распределяются по всему объёму.

Усвоение ферросплавов при плавке стали составляет 98-100%, усвоение углерода при плавке синтетического чугуна - 80%. Угар углерода при длительной выдержке чугуна не превышает угара в индукционных печах, а при наведении карбидного шлака - отсутствует. Угар легирующих элементов при длительной (более 8 часов) выдержке высоколегированной стали практически отсутствует. В ДППТ можно вести обработку металла активными шлаками, кислородом.

Полученные при промышленной эксплуатации результаты позволяют рекомендовать ДППТ для использования не только в качестве плавильных печей для стали, чугуна, сплавов на основе алюминия и меди, но и для печей выдержки, накопления и рафинирования этих металлов.

Футеровка дуговых печей постоянного тока

Печи футеруют теми же огнеупорными материалами, что и ДСП. Стойкость подины при обычных горячих ремонтах составляет 3-5 лет или от 5 до 7 тысяч плавов. Подина может быть наварена после «срывов», подвергнута промежуточному ремонту без замены подовых электродов, которые допускают многократное применение.

Наличие одного верхнего электрода, расположенного в центральной части печи, предопределяет некоторые различия в условиях службы огнеупорной футеровки дуговых печей постоянного тока и ДСП: увеличивается расстояние от дуги до стен печи, тепловое излучение дуги распространяется равномерно на стены печи, существенно снижается образование пыли, уменьшается тепловая нагрузка на футеровку стен.

Таким образом, условия эксплуатации футеровки свода и стен дуговых печей постоянного тока, при прочих равных условиях, должна быть выше, чем у ДСП переменного тока.

При работе футеровки подины дуговых печей постоянного тока есть два фактора, которые следует учитывать: интенсивное перемешивание расплава в районе подины и нарушение целостности подины за счёт подовых электродов. Поэтому набивку массы или бетона вокруг электрода следует выполнять особенно тщательно (как и футеровку всей подины) во избежание размывания футеровки интенсивно движущимся металлом.

Конструктивные особенности дуговых печей постоянного тока

При разработке ДППТ использован опыт создания дуговых печей переменного тока и плазменных печей с керамическим тиглем постоянного тока, разработанных ранее. ДППТ состоит из частей и механизмов, од- нотипных с ДСП и одинаковой ёмкости ванны. Она имеет стальной футерованный кожух, свод, который может быть водоохлаждаемым, стены ванны (могут быть из водоохлаждаемых панелей), механизм наклона печи для слива металла и удаления шлака, механизм перемещения графитированного электрода, механизм подъёма и поворота свода или выката ванны для завалки печи шихтой, рабочее окно с дверцей в кожухе.

Отличительной особенностью ДППТ от дуговых печей переменного тока является наличие только одного верхнего графитированного электрода (катода), расположенного вдоль вертикальной оси печи, и наличие подовых электродов (анодов) в подине печи.

Таблица 15- Характеристики ДППТ

Тип печи	Номинальная вместимость, т	Мощность источника питания, МВА	Ориентировочное время расплавления под током, мин		Угар шихтовых материалов, %	Угар графитированных электродов, кг/т	Диаметр графитированных электродов, мм
			Сталь/Чугун	Сплавы на основе Al/Cu			
ДП	6,0	4,73	55-60/40-	25-	0,2 – 1,5	До 1,5	300

ПТ - 6			45	30/35 -40			
ДП ПТ - 12	12,0	10,79	40-45	25-30	0,2 – 1,5	До 1,5	400, 450
ДП ПТ - 25	25,0	10,79	85-90/45- 50		0,2 – 1,5	До 1,5	450, 500

В ДППТ нового поколения обеспечивается направленное перемешивание расплава, снижение веса и габаритов трансформаторного оборудования, повышение надёжности энергетического оборудования.

Подовые электроды выполняются по особой технологии, безопасны в работе и представляют собой металлические стержни, охлаждаемые водой. Для безопасности эксплуатации каналы охлаждения вынесены за кожух печи, а в теле подовых электродов установлены датчики контроля их состояния.

При плавке в ДППТ используются известные технологические приёмы: кип ванны, обработка шлаком, продувка металла кислородом или инертным газом, легирование.

Управляемое перемешивание расплава без применения специальных устройств для его осуществления облегчает и ускоряет технологические процессы. Сочетание заданного направления и скорости движения металла с тепловым потоком от дуги позволило удерживать локальный нагрев расплава на уровне температуры, не превышающей 5-7% от средней температуры расплава во все периоды плавления. Это обеспечило, в частности, возможность выплавки в ДППТ высококачественных алюминиевых сплавов. Конструкция печи постоянного тока позволяет проводить реконструкцию действующих печей переменного тока с остановкой печи для реконструкции на 2-3 недели.

При создании агрегата из одного источника электропитания и двух тиглей футеровка обоих тиглей может быть основной, кислой или один тигель может быть выполнен с основной футеровкой, а второй с кислой.

3.1.3. Расчет количества печей

Для расчета количества печей составим баланс металла по цеху.

Таблица 16 – Баланс металла

Наименование статьи баланса	т	%
Годные отливки	38000	59,8
Литники и прибыли	22771	35,7
Скрап	1823,1	3
ИТОГО жидкого сплава	62594,1	98,5
Угар и безвозвратные потери	938,9	1,5
Итого металлозавалка	63533	100

Для осуществления технологического процесса и выполнения производственной программы в литейном цехе выбираем печь ДППТ-6. Количество печей определим ниже.

Число печей для приготовления жидкого металла определяем по формуле :

$$N = \frac{Q \cdot K_n}{T_o \cdot Pr},$$

где Q – количество металла, необходимое для выполнения годовой программы, т;

K_n – коэффициент неравномерности работы оборудования(для плавильных печей $K_n = 1,1 \dots 1,2$);

T_o – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

Pr – производительность печи, т/ч.

$$N = \frac{63533 \cdot 1,2}{5631,6 \cdot 6} = 2,3 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы необходимо 3 печи ДППТ-6.

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле [11]:

$$K_z = \frac{N}{N_{np}} \cdot 100\%,$$

где N – расчетное количество оборудования, шт;

N_{np} – принятое количество оборудования, шт.

$$K_z = \frac{2,3}{3} \cdot 100\% = 77\%.$$

3.1.4. Расчет количества ковшей

На участке стального литья для заливки форм применяем 6-ти тонные чайниковые ковши. Ковши футеруются, для футеровки ковшей применяются диносовый кирпич ЭБ–2 ГОСТ 1566–71. Кладка производится с заполнением всех швов раствором. Зазор между кирпичами должен быть не более 2 мм.

Второй слой кирпича кладется с перекрытием швов первого слоя. Сушится ковш газовой горелкой, продолжительность сушки не менее 1,5 ч.

Состав огнеупорного раствора для футеровки ковшей:

кварцевый песок ГОСТ 2138-84 60%

глина огнеупорная ТУ 14-8-262-78 40%

вода от 15 до 20%

Для набивной футеровки применять формовочную смесь (ковшовая).

Состав формовочной смеси:

смесь обратная 80%

глина огнеупорная ТУ 14–8–262–78 20%

вода от 15 до 20%

Количество ковшей, необходимое для обеспечения работы участка определяем по формуле, [7]:

$$n_k = T_p + T_{\epsilon} + T_{\phi} + T_c / T_p + n_z,$$

где T_p - время работы ковша, ч;

T_{ϵ} - время остывания и выбивки ковша, ч;

T_{ϕ} - время на футеровку и ремонт ковша, ч;

T_c - время сушки ковша, ч;

n_z - количество запасных ковшей, шт.

Количество крановых поворотных ковшей необходимое для обеспечения работы цеха:

$$n_k = (6 + 6 + 6 + 2) / (6 + 1) = 2,9 \text{ шт.}$$

Для обеспечения работы печи необходимо 3 ковша емкостью 6 т на одну печь. Один ковш находится в работе, один ковш находится на ремонте и один ковш в резерве. Так как на сталеплавильном участке 3 печи, то необходимо 9 ковшей, печи работают в сутках 3 смены – общее количество ковшей составляет 27 шт.

3.1.5. Расчет шихты для стали 20ГЛ

Основной особенностью производства стали для фасонных отливок в отличии от ее выплавки для слитков является необходимость получения стали не только заданного состава, но и заданных литейных свойств.

Наибольшее количество стали для фасонных отливок выплавляют, в электродуговых печах. В литейных цехах применяют чаще кислый процесс электроплавки.

При кислом процессе отмечается большая стойкость футеровки, более низкая ее стоимость, меньший удельный расход электроэнергии и продолжительность плавки, хорошая раскисленность стали, [6].

В качестве шихтовых материалов для плавки используют чугуны предельный, стальной лом, ферросплавы для раскисления и доведения химического состава стали до заданного состава, отходы собственного производства (литники, прибыли, стружка после механической обработки отливок). Все шихтовые материалы должны содержать минимальное количество серы фосфора, так как при кислом процессе выплавки стали, нет периодов десульфурации и дефосфорации, и это является основным недостатком кислого процесса. Расчет шихты ведется для электродуговой выплавки стали марки 20ГЛ на 100 кг металлозавалки. Химический состав стали 20ГЛ приведен в таблице 3.

Химический состав шихтовых материалов и раскислителей приведен в таблице 17.

Таблица 17 - Химический состав шихтовых материалов и раскислителей

Наименование материала	Содержание в шихте, %	Химический состав, %				
		C	Mn	Si	S	P
Возврат собственного производства	37,5	0,2	1,4	0,3	0,04	0,04
Стружка стальная	7	0,35	0,6	0,25	0,04	0,04
Стальной лом	52,5	0,25	0,5	0,35	0,03	0,03
Чугун передельный	3	3,0	2,0	1,0	0,03	0,15
Ферромарганец		6,0	75,0	2,0	0,03	0,35
Ферросилиций		0,25	0,6	45,0	0,03	0,04

Расчет среднего химического состава шихты

Содержание элементов в каждой из составляющих шихты определяется произведением содержания в шихте этой составляющей на содержание в ней элемента. Рассчитаем количество элементов, вносимых отдельными составляющими шихты.

Возврат собственного производства внесет, %:

$$C = 0,2 \cdot 0,375 = 0,075;$$

$$\text{Mn} = 1,4 \cdot 0,375 = 0,525;$$

$$\text{Si} = 0,30 \cdot 0,375 = 0,113;$$

$$\text{S} = 0,04 \cdot 0,375 = 0,015;$$

$$\text{P} = 0,04 \cdot 0,375 = 0,015;$$

$$\text{Fe} = 36,757.$$

Количество железа определяется по формуле:

$$Q_{\text{Fe}} = a - \Sigma b,$$

где a - процентное содержание составляющей в шихте;

Σb - суммарное содержание элементов (без железа) в данной составляющей шихты, %.

Стальной лом вносит, %:

$$\text{C} = 0,25 \cdot 0,525 = 0,131;$$

$$\text{Mn} = 0,5 \cdot 0,525 = 0,263;$$

$$\text{Si} = 0,35 \cdot 0,525 = 0,184;$$

$$\text{S} = 0,03 \cdot 0,525 = 0,015;$$

$$\text{P} = 0,03 \cdot 0,525 = 0,015;$$

$$\text{Fe} = 51,892.$$

Стружка в брикетах вносит, %:

$$\text{C} = 0,35 \cdot 0,07 = 0,024;$$

$$\text{Mn} = 0,6 \cdot 0,07 = 0,042;$$

$$\text{Si} = 0,25 \cdot 0,07 = 0,018;$$

$$\text{S} = 0,04 \cdot 0,07 = 0,002;$$

$$\text{P} = 0,04 \cdot 0,07 = 0,002;$$

$$\text{Fe} = 6,912.$$

Чугун передельный вносит, %:

$$\text{C} = 3 \cdot 0,03 = 0,09;$$

$$\text{Mn} = 2 \cdot 0,03 = 0,06;$$

$$\text{Si} = 1 \cdot 0,03 = 0,03;$$

$$\text{S} = 0,03 \cdot 0,03 = 0,001;$$

$$\text{P} = 0,15 \cdot 0,03 = 0,004;$$

Fe = 2,815.

Средний химический состав шихты приведен в таблице 18.

Таблица 18 - Средний химический состав шихты

Элемент	Вносят элементов, %				Средний химический состав, %
	Возврат	Стружка в брикетах	Стальной лом	Чугун передельный	
C	0.075	0.024	0.131	0.09	0,32
Mn	0.525	0.042	0.263	0.06	0,89
Si	0.113	0.018	0.184	0.03	0,345
S	0.015	0.002	0.015	0.001	0.033
P	0.015	0.002	0.015	0.004	0.037
Fe	36.757	6.912	51.892	2.815	98.376

Период плавления шихты

Во время плавления шихты окисляются кремний, марганец, углерод и железо.

Угар кремния составляет 70 %. Перейдёт в шлак $0,7 \cdot 0,345 = 0,242$ кг; остаётся в металле $0,345 - 0,242 = 0,103$ кг.

Угар марганца составляет 70 %. Перейдёт в шлак $0,7 \cdot 0,89 = 0,623$ кг, останется в металле $0,89 - 0,623 = 0,267$ кг.

Угар железа составляет 2 %. Перейдёт в шлак $0,02 \cdot 98,376 = 1,968$ кг; останется в металле $98,376 - 1,968 = 96,408$ кг.

Угар углерода шихты компенсируется переходом углерода в металл из графитовых электродов.

В таблице 19 приведён состав металла после расплавления шихты.

Таблица 19 – Состав металла после расплавления шихты

Элементы	Содержание элементов	
	кг	%

Углерод	0.32	0.329
Марганец	0.267	0.275
Кремний	0.103	0.106
Сера	0.033	0.034
Фосфор	0.037	0.038
Железо	96.408	99.218
ИТОГО	97.168	100

Шлак периода плавления

Количество окисла, перешедшего в шлак, можно определить по формуле:

$$q_{MeO} = U \cdot M_o : M_{\varepsilon} ,$$

где q_{MeO} - количество окисла соответствующего элемента, кг;

U - угар элемента, кг;

M_o, M_{ε} - молекулярные веса окисла и элемента.

В таблице 20 приведён химический состав шлакообразующих материалов.

Таблица 20 – Химический состав шлакообразующих материалов

Наименование материала	Содержание окислов, %				
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO
Известь свежееобожженная	92,0	3,0	1,0	1,0	3,0
Динас	1,34	96,58	0,58	1,4	-
Руда железная	0,7	6,0	3,0	90,0	0,3
Песок	-	96,0	2,0	2,0	-
Зола электродов	11,8	56,5	31,7	-	-

Рассчитаем количество окислов, поступивших в шлак из металла:

$$SiO_2 = 0,242 \cdot 60 : 28 = 0,519 \text{ кг};$$

$$MnO = 0,623 \cdot 71 : 55 = 0,804 \text{ кг}.$$

Примем, что из всего количества железа, которое угорает (1,973 кг) до FeO окисляется 25%, до Fe₂O₃ - 5% ,а 70% его улетучивается в зоне электрических дуг. Тогда,

$$FeO = 1,968 \cdot 0,25 \cdot 72 : 56 = 0,633 \text{ кг};$$

$$Fe_2O_3 = 1,968 \cdot 0,05 \cdot 160 : 112 = 0,141 \text{ кг}.$$

Улетучивается железа $1,968 \cdot 0,7 = 1,378$ кг.

Примем количество пригара в виде песка на отходах собственного производства 1% от массы отходов, то есть $\delta_{пр} = 37,5 \cdot 0,01 = 0,375$ кг.

Количество окислов, вносимых этим песком можно определить из соотношения:

$$q_{MeO} = \delta_{пр} \cdot K : 100,$$

где q_{MeO} - количество окисла, переходящего в шлак, кг;

$\delta_{пр}$ - масса песка, кг;

K - процентное содержание данного окисла в песке, %.

Песок шихты внесёт:

$$\text{SiO}_2 = 0,375 \cdot 96 : 100 = 0,36 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,375 \cdot 2 : 100 = 0,008 \text{ кг};$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,375 \cdot 2 : 100 = 0,008 \text{ кг}.$$

На наварку подины и откосов используется кварцевый песок, расход которого составляет на 100 кг шихты 1-2,5 кг. Примем, что из подины и откосов печи переходит в шлак 2,4 кг набивной массы. В период плавления шихты в шлак перейдёт 50% количества всей массы, то есть $2,4 \cdot 50 : 100 = 1,2$ кг. Песок набивной массы внесёт в шлак следующее количество окислов:

$$\text{SiO}_2 = 1,2 \cdot 96 : 100 = 1,151 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,2 \cdot 2 : 100 = 0,024 \text{ кг};$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,2 \cdot 2 : 100 = 0,024 \text{ кг}.$$

Общий расход динасового кирпича на ремонт свода равен 1 кг на 100 кг садки. В период плавления переходит в шлак 60% этой массы, то есть 0,6 кг. Динас внесёт следующее количество окислов:

$$\text{SiO}_2 = 0,6 \cdot 96,58 : 100 = 0,58 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,6 \cdot 0,58 : 100 = 0,003 \text{ кг};$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,6 \cdot 1,4 : 100 = 0,008 \text{ кг};$$

$$\text{CaO} = 0,6 \cdot 1,34 : 100 = 0,008 \text{ кг}.$$

Расход графитовых электродов зависит от ёмкости печи и составляет 0,4-0,6 кг на 100 кг садки. Примем в расчётах расход электродов 0,6 кг. В пе-

риод плавления расходуется 60% или 0,36 кг электродов. При сгорании электродов образуется зола в количестве 0,2-1,3%. Примем, что электроды вносят в шлак 1% золы, $0,36 \cdot 1 : 100 = 0,0036$ кг.

Зола внесёт в шлак:

$$\text{CaO} = 0,0036 \cdot 11,8 : 100 = 0,0005 \text{ кг};$$

$$\text{SiO}_2 = 0,0036 \cdot 56,5 : 100 = 0,0022 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,0036 \cdot 31,7 : 100 = 0,0012 \text{ кг}.$$

Таким образом, шлак периода плавления состоит из окислов, представленных в таблице 21.

Таблица 21 – Химический состав шлака периода плавления

Источники		Внесено окислов, кг					
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO
Из шихты		0.519	-	0.633	0.141	0.804	-
Из песка шихты		0.36	0.008	-	0.008	-	-
Из подины и откосов		1.151	0.024	-	0.024	-	-
Из стенок и свода		0.58	0.003	-	0.008	-	0.008
Из золы электродов		0.0022	0.0012	-	-	-	0.0005
ИТОГО	кг	2.612	0.036	0.633	0.18	0,804	0.009
	%	61.1	0.9	14.8	4.2	18.8	0,2

Окислительный период

Во время окислительного периода содержание углерода необходимо снизить на 0,05% ниже нижнего предела заданного химического состава стали, то есть до 0,1%.

После присадки железной руды марганец окисляется до 0,08%, а кремний до 0,03%. Будем считать, что угар железа во время окислительного периода будет компенсироваться железом, восстановленным из окислов железа.

Считая, что масса металла составляет 97,168 кг, то к концу окислительного периода углерода в нём должно быть: $C = 97,168 \cdot 0,1 : 100 = 0,097$ кг.

$$\text{Выгорит углерода } 0,32 - 0,097 = 0,223 \text{ кг}.$$

К концу окислительного периода в металле останется 0,08% марганца

или $97,168 \cdot 0,08 : 100 = 0,078$ кг. Окисляется марганца $0,267 - 0,078 = 0,189$ кг, что в пересчёте на MnO составит $0,189 \cdot 71 : 55 = 0,244$ кг.

Кремния к концу окислительного периода останется 0,03% или $97,168 \cdot 0,03 : 100 = 0,029$ кг, а окисляется кремния $0,103 - 0,029 = 0,074$ кг, что в пересчёте на SiO₂ составит $0,074 \cdot 60 : 28 = 0,159$ кг. Принимаем, что окисление элементов в жидком металле происходит за счёт кислорода, вносимого железной рудой.

Расчёт потребности руды

Источником кислорода для окисления примесей является FeO, получаемый из Fe₂O₃ и Fe по реакции: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Fe} = 3\text{FeO}$.

В таблице 22 приведено количество FeO, необходимое для окисления элементов.

Таблица 22 – Количество FeO, необходимое для окисления

Элемент	Окисляется элемента, кг	Химическая реакция окисления	Расход на единицу элемента	Образуется FeO, кг
C	0,223	$\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$	$72 : 12 = 6$	$0,223 \cdot 6 = 1,338$
Si	0,074	$2\text{FeO} + \text{Si} = 2\text{Fe} + \text{SiO}_2$	$144 : 28 = 5,1$	$0,074 \cdot 5,1 = 0,377$
Mn	0,189	$\text{FeO} + \text{Mn} = \text{Fe} + \text{MnO}$	$72 : 55 = 1,3$	$0,189 \cdot 1,3 = 0,246$
ИТОГО	-	-	-	1,961

Для образования 1,961 кг FeO требуется Fe₂O₃ и Fe:

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 160 \cdot 1,961 : 216 = 1,453 \text{ кг};$$

$$\text{Fe} = 1,961 - 1,453 = 0,508 \text{ кг}.$$

Принимаем, что 10% Fe₂O₃ переходит в шлак, а 90% восстанавливается до FeO. Отсюда потребность в железной руде составит: $1,453 \cdot 100 : (90 \cdot 0,9) = 1,794$ кг.

При этом образуется окиси углерода $\text{CO} = 0,223 \cdot 28 : 12 = 0,52$ кг.

В конце окислительного периода производится присадка извести в печь в количестве 0,3 кг на 100 кг садки.

Шлак окислительного периода.

Рассчитаем состав и массу шлака окислительного периода и сведём в таблицу.

Железная руда внесёт в шлак:

$$\text{CaO} = 1,794 \cdot 0,7 / 100 = 0,013 \text{ кг};$$

$$\text{SiO}_2 = 1,794 \cdot 6 / 100 = 0,108 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,794 \cdot 3 / 100 = 0,054 \text{ кг};$$

$$\text{MgO} = 1,794 \cdot 0,3 / 100 = 0,005 \text{ кг};$$

$$(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Fe}) = 1,794 \cdot 0,1 \cdot 90 / 100 = 0,161 \text{ кг}.$$

Поступило в шлак из извести:

$$\text{CaO} = 0,3 \cdot 92 / 100 = 0,276 \text{ кг};$$

$$\text{SiO}_2 = 0,3 \cdot 3 / 100 = 0,009 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,3 \cdot 1 / 100 = 0,003 \text{ кг};$$

$$\text{MgO} = 0,3 \cdot 3 / 100 = 0,009 \text{ кг};$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,3 \cdot 1 / 100 = 0,003 \text{ кг}.$$

В окислительный период в шлак переходит 20% динасового кирпича, расходуемого на ремонт кладки, что составит $1 \cdot 0,2 = 0,2 \text{ кг}$.

Составляющие футеровки внесут в шлак:

$$\text{SiO}_2 = 0,2 \cdot 96,58 / 100 = 0,193 \text{ кг};$$

$$\text{CaO} = 0,2 \cdot 1,34 / 100 = 0,003 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,2 \cdot 0,58 / 100 = 0,001 \text{ кг};$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,2 \cdot 1,4 / 100 = 0,003 \text{ кг}.$$

Из подины и откосов в шлак поступает 25% набивной массы, что составляет $2,4 \cdot 25 / 100 = 0,6 \text{ кг}$.

Составляющие набивной массы внесут в шлак следующее количество окислов:

$$\text{SiO}_2 = 0,6 \cdot 96 / 100 = 0,576 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,6 \cdot 2 / 100 = 0,012 \text{ кг};$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,6 \cdot 2 / 100 = 0,012 \text{ кг}.$$

В окислительный период расходуется 20% электродов, что составляет $0,6 \cdot 20 / 100 = 0,12$ кг. Электроды вносят 1% золы. $1 \cdot 0,12 / 100 = 0,0012$ кг.

Составляющие золы внесут в шлак:

$\text{CaO} = 0,0012 \cdot 11,8 / 100 = 0,0002$ кг;

$\text{SiO}_2 = 0,0012 \cdot 56,5 / 100 = 0,0007$ кг;

$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,0012 \cdot 31,7 / 100 = 0,0004$ кг.

В таблице 23 приведен состав шлака окислительного периода.

Таблица 23 – Состав шлака окислительного периода

Источник поступления шлака		Содержание окислов, кг							
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Всего
Шлак периода плавки		2.612	0.036	0.633	0.18	0.804	0.009	-	4.275
Металл		0.159	-	-	-	0.244	-	-	0.403
Известь		0.009	0.003	-	0.003	-	0.276	0.009	0.300
Железная руда		0.108	0.054	-	0.161	-	0.013	0.005	0.341
Свод и стены		0.193	0.001	-	0.003	-	0.003	-	0.200
Подина и откосы		0.576	0.012	-	0.012	-	-	-	0.600
Зола электродов		0.0007	0.0004	-	-	-	0.0002	-	0.0013
ИТОГО	кг	3,6577	0,1064	0,633	0,359	1,048	0,3012	0,014	6,1203
	%	59,76	1,75	10,34	5,87	17,12	4,92	0,24	100

В конце окислительного периода производится доводка металла до заданного состава и его раскисление.

В таблице 24 приведён состав металла к концу окислительного периода.

Таблица 24 – Состав металла к концу окислительного периода

Элементы	Поступило элементов, кг	Перешло в шлак, кг	Потери с газом, кг	Расход на образование FeO , кг	Содержание в металле, кг
C	0.32	-	-0.223	-	0.097
Si	0.103	-0.074	-	-	0.029
Mn	0.267	-0.189	-	-	0.078
P	0.033	-	-	-	0.033
S	0.037	-	-	-	0.037
Fe	96.408	-	-	-0.508	95.9
ИТОГО	97.168	-0.263	-0.223	-0.508	96,174

Расчёт количества раскислителей

Для раскисления и доводки металла по марганцу вводится ферромарганец из расчёта получения его в металле 1,4%. Учитывая, что к концу окислительного периода в металле уже есть 0,08% марганца, потребность в нём составляет $1,4 - 0,08 = 1,32\%$.

Принимая, угар марганца 20% получим необходимое количество ферромарганца:

$$1,32 \cdot 100 / (0,75 \cdot 80) = 2,2 \text{ кг.}$$

Ферромарганец внесёт следующее количество элементов:

$$C = 2,2 \cdot 6 / 100 = 0,132 \text{ кг;}$$

$$Si = 2,2 \cdot 2 / 100 = 0,044 \text{ кг;}$$

$$Mn = 2,2 \cdot 75 / 100 = 1,65 \text{ кг;}$$

$$P = 2,2 \cdot 0,35 / 100 = 0,007 \text{ кг;}$$

$$S = 2,2 \cdot 0,03 / 100 = 0,0006 \text{ кг;}$$

$$Fe = 2,2 \cdot 16,62 / 100 = 0,366 \text{ кг.}$$

На раскисление металла расходуется марганца $1,65 \cdot 0,8 = 1,32 \text{ кг.}$

При этом образуются закиси марганца: $1,65 \cdot 0,2 = 0,33 \text{ кг}$ или $0,33 \cdot 71 / 55 = 0,426 \text{ кг.}$ Остальные элементы из ферромарганца полностью переходят в металл. После присадки ферромарганца металл будет иметь следующий состав:

$$C = 0,097 + 0,132 = 0,229 \text{ кг;}$$

$$Si = 0,029 + 0,044 = 0,073 \text{ кг;}$$

$$Mn = 0,078 + 1,32 = 1,398 \text{ кг;}$$

$$P = 0,033 + 0,007 = 0,04 \text{ кг.}$$

$$S = 0,037 + 0,0006 = 0,0376 \text{ кг;}$$

$$Fe = 95,9 + 0,366 = 96,266 \text{ кг.}$$

Для доведения металла до заданного состава по кремнию в конце окислительного периода вводится 45% ферросилиций. В металле должно

быть 0,3% кремния, поэтому потребность в нём составляет: $0,3 - 0,073 = 0,227$ кг. Необходимое количество ферросилиция с учётом 10% угара составит:

$$0,227 \cdot 100 / (0,45 \cdot 90) = 0,56 \text{ кг.}$$

Ферросилиций внесёт следующее количество элементов:

$$C = 0,56 \cdot 0,25 / 100 = 0,001 \text{ кг;}$$

$$Si = 0,56 \cdot 45 / 100 = 0,252 \text{ кг;}$$

$$Mn = 0,56 \cdot 0,6 / 100 = 0,003 \text{ кг;}$$

$$P = 0,56 \cdot 0,04 / 100 = 0,0002 \text{ кг;}$$

$$S = 0,56 \cdot 0,03 / 100 = 0,0001 \text{ кг;}$$

$$Fe = 0,56 \cdot 54,08 / 100 = 0,303 \text{ кг.}$$

На раскисление металла расходуется кремния $0,252 \cdot 10 / 100 = 0,025$ кг.

При этом образуется кремнезёма $0,025 \cdot 60 / 28 = 0,05$ кг, а в металл переходит $0,252 - 0,025 = 0,227$ кг кремния.

После присадки ферросилиция металл будет иметь следующий состав:

$$C = 0,229 + 0,001 = 0,23 \text{ кг;}$$

$$Si = 0,073 + 0,227 = 0,3 \text{ кг;}$$

$$Mn = 1,398 + 0,003 = 1,401 \text{ кг;}$$

$$P = 0,04 + 0,0002 = 0,0402 \text{ кг;}$$

$$S = 0,0376 + 0,0001 = 0,0377 \text{ кг;}$$

$$Fe = 96,266 + 0,303 = 96,569 \text{ кг.}$$

Для окончательного раскисления в металл вводится алюминий, в количестве 0,1 кг на 100 кг стали.

Алюминий внесёт:

$$Al = 0,1 \cdot 98 / 100 = 0,098 \text{ кг;}$$

$$Fe = 0,1 \cdot 2 / 100 = 0,002 \text{ кг.}$$

Алюминий полностью окислится за счёт содержания кислорода металла и перейдёт в шлак, образуя Al_2O_3 в количестве $0,098 \cdot 102 / 54 = 0,185$ кг.

В таблице 25 приведён состав металла после раскисления.

Таблица 25 – Состав металла после раскисления

Элементы	Состав металла до раскисления, кг	Ферромарганец вносит, кг	Ферросилиций вносит, кг	Окисляется, кг	Всего, кг
C	0.097	0.132	0.001	-	0,23
Si	0.029	0.044	0.252	-0.025	0.300
Mn	0.078	1.65	0.003	-0.33	1.401
P	0.033	0.007	0.0002	-	0.0402
S	0.037	0.0006	0.0001	-	0.0377
Fe	95.9	0.366	0.303	-	96.569
ИТОГО	96.174	2.1996	0.5593	-0.355	98.4779

В период раскисления стали, расходуется такое же количество кладки свода, набивной массы и угольных электродов, что и в окислительный период.

Состав и количество шлака к концу раскисления стали, приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Состав и количество шлака к концу раскисления стали

Источники поступления шлака	Содержание окислов, кг							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Всего
Шлак окислительного периода	3.6577	0.1064	0.633	0.359	1.048	0.3012	0.014	6.1193
Свод и стены	0.193	0.001	-	0.003	-	0.003	-	0.200
Подина и откосы	0.576	0.012	-	0.012	-	-	-	0.600
Зола электродов	0.0007	0.0004	-	-	-	0.0002	-	0.0013
Ферромарганец	-	-	-	-	0.426	-	-	0.426
Ферросилиций	0.050	-	-	-	-	-	-	0.050
Алюминий	-	0.185	-	-	-	-	-	0.185
ИТОГО	кг	4.4774	0.3048	0.633	0.374	1.474	0.3044	7.5816
	%	59.05	4.03	8.35	4.93	19.44	4.02	100

Материальный баланс плавки составляется с целью проверки правильности расчёта шихты. Невязка в расчётах не должна превышать 0,5- 1%.

Материальный баланс плавки приведён в таблице 27.

Таблица 27 – Материальный баланс плавки

Израсходовано	кг	Получено	кг
Отходы собственного производства	37.5	Металла	98.4779
Стальной лом	52.5	Шлака	7.5816
Стружка	7	Газа	0.52
Чугун	3	Улетучилось железа	1.378

Ферромарганец	2.2	Невязка	1.1635
Ферросилиций	0.56		
Алюминий	0.10		
Электроды	0.60		
Известь	0.30		
Песок	2.40		
Железная руда	1.961		
Динас	1.00		
ИТОГО	109.121	ИТОГО	109.121

3.2. Смесеприготовительное отделение

В цехе сталного литья смесеприготовительное отделение для всех формовочных и стержневых смесей, что позволяет удобно маневрировать мощностями смесеприготовительных агрегатов и получать различные смеси в различных количествах.

3.2.1. Подготовка исходных формовочных материалов

Предварительная обработка свежих формовочных материалов, добавок и формовочной смеси, бывшей в употреблении, включает операции сушки песка и глины, грубого дробления и тонкого измельчения глин и каменного угля, просеивания песков и наполнительной смеси, магнитной сепарации наполнительной смеси, перемешивания материалов, разрыхления приготовленных смесей и др.

Сушка формовочного песка осуществляется в 2-х барабанных сушила модели БН2-12НУ-03, производительностью 10 т/ч, температура сушки 180-200⁰С. Охлаждение песка естественное, которое происходит в накопительном бункере. Сухой охлажденный песок после просеивания на инерционной решетке, с помощью системы ленточных конвейеров подается в бункера над смесителями.

Сырая огнеупорная глина подвергается размолу в двухвалковой дробилке и сушке в 2-х барабанных сушила модели БН2-12НУ-03, про-

изводительностью 5 т/ч. Помол сухой глины осуществляется в двух шаровых мельницах, которые представляют собой металлический барабан, футерованный стальными плитками с зазорами между ними.

Глина загружается в барабан через воронку и измельчается стальными шарами, находящимися внутри барабана. При вращении барабана шары размалывают глину. Размолотый материал проваливается через зазоры между плитками и просеивается через сито.

Готовый материал высыпает из барабана. После помола пылевидная фракция глины оседает в батарейном циклоне ЦН-15 и с помощью камерного насоса и системы пневмотранспорта подается в осадительные бункера над бегунами для приготовления облицовочных, стержневых и наполнительных смесей.

Для приготовления формовочных и стержневых смесей применяются пески Кичигинского месторождения марки 2К₁О302 по[8], песок кварцевый 1 класса, категории А и Б.

В зависимости от вида смесей пески используют как влажные, так и сухие. Влажные (сырые) пески с содержанием влаги не более 7% используют для приготовления наполнительных и облицовочных смесей. Сухие пески с содержанием влаги не более 0,5% используют для приготовления стержневых смесей и жидкостекольной облицовочной смеси.

В качестве формовочной глины используется глина огнеупорная Нижнеувельского месторождения марки НУ-1, НУ-2. Глина используется молотая сухая с влажностью не более 2,5%.

Формовочная смесь, бывшая в употреблении (выбитая из опок), перед повторным использованием должна быть предварительно переработана. В механизированном производстве отработанная смесь подается из-под выбивной решетки ленточным транспортером в смесеприготовительное отделение.

Регенерация (восстановление) заключается в извлечении песка из отработанных смесей и приведении его свойств в соответствие с уста-

новленными техническими требованиями на формовочные пески. В зависимости от условий работы цеха восстановление отработанной смеси может производиться различными способами: мокрым, электронным и специальным для смесей, приготовленных на жидком стекле [7].

В цехе используют в основном магнитную сепарацию и просеивание песков. Магнитная сепарация предназначена для удаления из смеси металлических включений (брызг металлов, каркасов стержней). Работа магнитного сепаратора заключается в следующем: в ведущем шкиве ленточного конвейера, подающим отработанную смесь от выбивной решетки, находится многополюсный электромагнит.

Металлические частицы, притягиваясь к магниту, прижимаются к ленте конвейера и падают только тогда, когда лента сходит со шкива.

Немагнитный материал отработанная смесь ссыпается с ленты отдельным потоком раньше металлических частиц. Металлические частицы собираются в емкости, а отработанная смесь передается ленточным конвейером на последующую переработку. После магнитной сепарации отработанная смесь просеивается через сита.

В цехе применяют барабанные полигональные сита. Сито – это устройство для разделения по фракциям измельченного сыпучего материала, проходящего через отверстия жесткой плоскости.

По конструкции сита разделяют на плоские, барабанные и вибрационные. Плоские механические сита могут быть горизонтальные и наклонные. Барабанные сита - цилиндрические, конические, пирамидальные, причем все они могут быть как горизонтальные так и наклонные [6].

Смесеприготовительный участок предназначен для изготовления стержневых, формовочных смесей. Участок оснащен смесителями непрерывного действия модели 115М и АМК2000-Н. Каждый смеситель имеет весовые и объемные дозаторы для дозировки формовочного песка, горелой смеси, глины, воды и крепителей [9].

На исходные формовочные материалы существует стандарт предприятия [2]. Настоящий стандарт устанавливает ограниченную номенклатуру исходных формовочных материалов, используемых для приготовления формовочных, стержневых и жидких самотвердеющих смесей, противопригарных и разделительных покрытий, керамических оболочек.

Стандарт содержит перечень марок или видов материалов с указанием их основных химико-физических свойств и технологических требований.

3.2.2. Противопригарные, разделительные покрытия

Требования на противопригарные, разделительные покрытия:

- исходные материалы, применяемые для приготовления противопригарных красок, разделительных смазок, клеевых составов, должны соответствовать требованиям [2];
- для приготовления красок использовать чистые ёмкости, перемешивание остатков краски с вновь приготовленной недопустимо;
- плотность каждой приготовленной партии краски контролировать [2];
- противопригарные краски должны иметь хорошую кроющую способность, обеспечивать высокую прочность сцепления с поверхностью формы или стержня;
- краску наносить на поверхность формы или стержня пульверизатором или мягкой кистью;
- стенки перед сушкой красить водными красками.

Порядок приготовления: в краскомешалку залить воду и ЛСТ, включить рабочий режим. Перемешать до полного растворения ЛСТ, после чего ввести глину. Перемешать 15-20 мин, затем небольшими порциями засыпать хромомагнетит и перемешивать до получения однородной суспензии 30 мин. Соблюдая удельную плотность 1,60-1,80 г/см³ при нанесении с помощью пульверизатора и 1,9-2,3 г/см³ при покрытии кистью.

Краску периодически перемешивают в целях предотвращения осе-

дания огнеупорного наполнителя.

Водная противопопригарная краска на основе дистенсилиманита. Состав противопопригарной краски на основе дистенсилиманита должен соответствовать [3]. Порядок приготовления: в специальную емкость загрузить воду, ЛСТ и перемешивать до однородного раствора, плотностью 1,10-1,15 г/см³. Пену, образующуюся при перемешивании, периодически удалять.

3.2.3. Расчет оборудования смесеприготовительного отделения

В качестве установки для приготовления формовочной смеси выбираем смеситель модели 115М, а для стержневой – смеситель каткового типа модели АМК-2000Н [9].

Основные технические данные смесителя модели 115М представлены в таблице 28, а АМК2000-Н - таблице 29.

Таблица 28 - Техническая характеристика смесителя модели 115М

Параметр	Значение
Производительность, м ³ /ч	20
Габаритные размеры, мм	5315x5000x6560
Объем замеса, м ³	2,0
Частота вращения вала, об/мин	29
Количество катков	2

Таблица 29 - Техническая характеристика смесителя модели АМК2000-Н

Параметр	Значение
Производительность, м ³ /ч	1,5 – 2,0
Диаметр чаши, мм	2540
Объем замеса, м ³	2,0
Частота вращения вала, об/мин	32,8

Расход формовочной и стержневой смеси на программу представлен в таблице 30.

Таблица 30 – Производственная программа смесеприготовительного отделения

Массовая группа, кг	Наименование отливки	Масса отливки без литников и прибылей, кг	Количество отливок на годовую программу, шт	Масса отливки без литников и прибылей на годовую программу, т	Количество отливок в форме, шт	Количество форм на годовую программу, шт	Количество стержней на отливку, шт	Количество стержней на программу, шт	Объем формовочной смеси на программу, м ³	Объем стержневой смеси на программу, м ³
0-50	Крышка	5,5	472727	2600	4	118182	2	945455	14969.70	270.4
	Крейцкопф	7,9	233544	1845	2	116772	5	1167722	10622.73	191.88
	Колпак	8,7	199425	1735	4	49856	1	199425	9989.39	180.44
	Каретка	27	46296	1250	4	11574	3	138889	7954.55	226.25
	Клапан	31	53871	1670	6	8978	2	107742	10627.27	302.27
	Втулка	50	42400	2120	4	10600	1	42400	13490.91	383.72
Итого по группе			1048264	11220		315963		2601632	67654.55	1554.96
50-100	Гильза	60	52333	3140	2	26167	2	104667	19981.82	568.34
	Втулка большая	79	17089	1350	2	8544	1	17089	8590.91	244.35
	Головка	80	18750	1500	2	9375	1	18750	9545.45	271.5
	Крышка	94	12766	1200	2	6383	0	0	7636.36	217.2
	Кронштейн	100	21000	2100	2	10500	4	84000	13363.64	380.1
Итого по группе			121938	9290		60969		224505	59118.18	1681.49
100-300	Вилка	150	16000	2400	1	16000	4	64000	13381.82	722.4
	Тяга	200	16250	3250	2	8125	4	65000	18121.21	978.25
	Корпус	235	12766	3000	2	6383	4	51064	16727.27	903
	Задник	250	7960	1990	1	7960	3	23880	11095.76	598.99
	Опора	297	14141	4200	1	14141	0	0	23418.18	1264.2
	Корпус	300	8833	2650	1	8833	3	26500	14775.76	797.65
Итого по группе			75951	17490		61443		230444	97520.00	5264.49
Итого по цеху			1246153	38000		438375		3056581	224292.73	8500.94

Количество смесителей находим по формуле:

$$N = \frac{Q \cdot 1,02 \cdot K_n}{T_{\partial} \cdot \text{Пр}},$$

где Q – количество формовочной смеси, необходимое для выполнения годовой программы, м^3 ;

1,02 – коэффициент учитывающий потери формовочной смеси;

K_n – коэффициент неравномерности работы оборудования (для смесеприготовительного оборудования $K_n = 1,1 \dots 1,2$);

T_{∂} – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

Пр – производительность оборудования, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Рассчитаем количество смесителей для формовочной смеси:

$$N = \frac{224292,73 \cdot 1,02 \cdot 1,1}{5542,7 \cdot 20} = 2,3 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы принимаем три смесителя модели 115М.

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

$$K_z = \frac{N}{N_{np}} \cdot 100\%,$$

где N – расчетное количество оборудования, шт.;

N_{np} – принятое количество оборудования, шт.

$$K_z = \frac{2,3}{3} \cdot 100\% = 77\%.$$

Рассчитаем количество смесителей для стержневой смеси:

$$N = \frac{8500,94 \cdot 1,02 \cdot 1,1}{5542,7 \cdot 1,5} = 1,2 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы принимаем два смесителя модели АМК2000-Н.

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

$$K_z = \frac{N}{N_{np}} \cdot 100\%,$$

где N – расчетное количество оборудования, шт.;

N_{np} – принятое количество оборудования, шт.

$$K_z = \frac{1,2}{2} \cdot 100\% = 60\%.$$

3.3. Стержневое отделение

На площади стержневого отделения происходит изготовление, сушка, зачистка и сборка стержней, а также производство каркасов и склад готовых стержней.

Подача смесей к рабочим местам и стержневым машинам производится с помощью ленточных конвейеров. Сушка стержней осуществляется в конвейерных сушилах. На формовку готовые стержни транспортируются конвейерами, по монорельсовому пути электроталями, управляемыми из кабин, и частично на электротележках.

Для изготовления стержней применяю следующие стержневые машины: модели 23225A1(для средних и крупных стержней), модели 32-100(для мелких стержней).

В цехе для сушки стержней применяют горизонтальное четырёхходовое камерное сушило производительностью 2,3 тонны в час.

Технические характеристики стержневых машин приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Технические характеристики стержневых машин

Параметр	23225A1	32-100
Наибольший объем стержня, дм ³	10	3,2
Габаритные размеры стержневого ящика(ДхШхВ), мм:	800х450х630	400х200х320
Цикловая производительность, съемы/ч	120	150
Расход сжатого воздуха, м ³ /цикл	1,5-2	0,25
Расход технической воды, дм ³ /мин	20-30	13-16
Установленная мощность, кВт	18	22
Габаритные размеры машин(ДхШхВ), мм:	2800х2800х2810	3350х1850х2370
Масса, кг	4900	3100

3.3.1. Расчет оборудования стержневого отделения

Количество стержневых машин определяем по формуле:

$$N = \frac{Q \cdot 1,1 \cdot K_n}{(T_d - t) \cdot Pr},$$

где Q – количество стержней на годовую программу, шт;

1,1 – коэффициент учитывающий брак форм;

K_n – коэффициент неравномерности работы оборудования(для стержневого оборудования $K_n = 1,05 \dots 1,1$);

T_d – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

t – время, необходимое для смены оснастки и наладку в год, ч;

Pr – производительность оборудования, стержней/ч.

Рассчитаем количество стержневых машин модели 32-100 для изготовления мелких стержней с производительностью 150 стержней/ч:

$$N = \frac{2601633 \cdot 1,1 \cdot 1,05}{(5661,2 - 103) \cdot 150} = 3,6 \text{ шт.}$$

Рассчитаем количество стержневых машин 23225A1 для изготовления средних и крупных стержней с производительностью 120 стержней/ч:

$$N = \frac{454949 \cdot 1,1 \cdot 1,05}{(5661,2 - 110) \cdot 120} = 0,8 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно одной-стержневой машин 23225A1и четырех стержневых машин 32-100.

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

$$K_z = \frac{N}{N_{np}} \cdot 100\%,$$

где N – расчетное количество оборудования, шт;

N_{np} – принятое количество оборудования, шт.

Для машины 32-100:

$$K_z = \frac{3,6}{4} \cdot 100\% = 90\%.$$

Для машины 23225A1:

$$K_z = \frac{0,8}{1} \cdot 100\% = 80\%.$$

Рассчитаем количество сушил:

$$N = \frac{8500,94 \cdot 1,65 \cdot 1,1 \cdot 1,05}{5661,2 \cdot 2,3} = 1,2 \text{ шт.}$$

Принимаем два горизонтальных четырёхходовых камерныхсушила для сушки стержней.

$$K_z = \frac{1,2}{2} \cdot 100\% = 60\%.$$

3.4. Формовочно-заливочное отделение

Формовкой называется процесс изготовления литейных форм и стержней с помощью модельно - опочной оснастки из формовочных и стержневых смесей.

Этот процесс включает в себя следующие операции:

- подготовку оснастки и формовочной смеси;
- доставку смеси к рабочему месту;

- заполнение рабочей полости смесью;
- уплотнение смеси для придания ей необходимых технологических свойств;
- организация вентиляции формы для облегчения выхода из ее полости газов, - образующихся при заливке;
- извлечение модели из формы;
- отделка формы;
- установка жеребеек, стержней, холодильников;
- сборка и скрепление формы;
- загрузку формы перед заливкой.

В формовочном отделении установлены автоматические формовочные линии «Мультиматик 40.5», включающие в себя:

- формовочные автоматы для изготовления полуформ;
- распаровщик с толкателем;
- спариватель с центрирующим устройством;
- устройство для съёма и установки грузов;
- устройство выдавливания;
- виброрешётки;
- заливочная машина.

При формовке в опоках отливки получаются более точными, так как опоки центрируются с помощью штырей. Основное назначение этой формовки состоит в том, чтобы при заданной конструкции отливки и серийности ее изготовления обеспечить необходимое качество при минимальных затратах. В цехе мелкого стального литья все технологические операции (формовка, сборка, заливка, выбивка) выполняются одновременно. Литейная форма переходит с одной операции на другую с помощью различных транспортных устройств: конвейеров, кантователей.

Для изготовления форм применяют автоматическую формовочную линию «Мультиматик-40,5» с формовкой, заливкой, охлаждением и вы-

бивкой на конвейере. Данная формовочная линия хорошо вписывается в данный тип производства, так как имеет высокую производительность.

Изготовление отливок осуществляется методом литья в разовые песчаные формы. На автоматической формовочной линии «Мультиматик 40.5» используются опоки с габаритами в свету 1000x800x200/300/400 мм.

3.4.1. Организация потока в формовочном отделении

Производительность труда, качество отливок во многом зависят от организации производства в литейном цехе. При параллельном режиме работы цеха основные технологические процессы выполняют одновременно в течение смены, но на различных площадях, при этом по мере изготовления формы их передают на сборку, затем на заливку и в конце на выбивку. Всё это осуществляется с помощью транспортного оборудования: конвейеров или рольгангов.

Вдоль транспортных средств расположены формовочные машины, участки сборки, заливки и соответственно рабочие места формовщиков, заливщиков и т.д. Таким образом, создается непрерывный поток литейных форм, организуется поточное производство отливок. При параллельном режиме работы в литейных цехах массового и серийного производства работу отделений объединяют в единый производственный поток, осуществляемый на литейном конвейере.

3.4.2. Порядок изготовления форм

Процесс изготовления полуформ:

- процесс формовки выполняется в формовочных секциях по изготовлению верхних и нижних опок на соответствующих формовочных автоматах;

- установка пустых опок верха и низа на ходовые рольганги формовочных секций осуществляется разъединительным и подъемным устройством соответственно. Продвижение опок по рольгангам производится потактно толкателями (после достижения формовочным автоматом исходного положения);

- установка моделей на формовочный автомат производится с помощью передвижного транспортного устройства, в котором находятся два носителя модельных плит. В процессе формовки один носитель постоянно находится вне формовочного автомата. После установки модельных плит носитель передается на формовочный автомат (с помощью гидропривода). Для приведения формовочного автомата в исходное положение стол формовочной машины поднимается, выводит носитель модельных плит из зацепления с транспортным устройством, закрепляя его с собой при помощи автоматических замков;

- после продвижения опоки носитель модельной плиты поднимается из исходного положения (в соответствующем формовочном автомате) к поверхности разъема опоки, поднимает опоку в положение «встряхивание»;

- при достижении опокой положения «встряхивания» происходит заполнение ее формовочной смесью. Прессовая плита отводится, вводится наполнительная рамка, имеющая регулируемый по высоте скребок для удаления излишков смеси;

- заполненная смесь опока встряхивается формовочным автоматом в течение времени, установленного режимом формовки;

- после завершения встряхивания вводится прессовая плита, наполнительная рамка выводится, сбрасывая при этом излишки формовочной смеси, опока поднимается в положение «прессование»;

- при достижении опокой положения «прессования» включается прессование под высоким давлением. Давление прессования формовочного автомата регулируется бесступенчато в диапазоне от 0,8 до 1,4 МПа. После

достижения установленного значения давления происходит выдержка под давлением в течении времени, установленного реле времени.

- после окончания прессования происходит проверка степени запрессованности опоки. По результатам этой проверки производится корректировка уровня формовочной смеси в дозаторе формовочной машины;

- запрессованная опока, при нормальном уплотнении, отделяется от модели путем опускания носителя модельных плит до исходного положения;

- после окончания процесса формовки (достижения формовочным автоматом исходного положения) происходит проталкивание опок по ходовым рольгангам; установленные ножи срезают излишки формовочной смеси;

- на опоке верха, с которой удалены излишки смеси производится фрезерование литниковой воронки;

- подготовленные опоки поступают в кантователи. Опока верха поворачивается для производства визуального контроля качества отпечатка, затем возвращается в положение транспортировки (ладом вниз);

- опока низа проходит через устройство очистки втулок, в котором очищаются от остатков смеси и на них наносится пылевидный графит (для снижения износа втулок и предотвращения налипания металла);

- опоки устанавливаются на площадку литейного конвейера. В спаривателе опока низа центрируется в продольном и поперечном направлении относительно оси конвейера. Контроль точности спаривания осуществляется электронным устройством;

- опоки низа транспортируются литейным конвейером по участку простановки стержней, где производится, при необходимости, установка стержней в форму. Для облегчения съема моделей, не нарушая при этом качества отпечатка, температура модельного комплекта должна быть в пределах 35-45°C.

В формовочном отделении выполняются следующие операции:

- формовка;

- сборка форм;
- заливка форм жидким металлом;
- охлаждение форм после заливки до выбивки из них отливок;
- выбивка отливок из форм.

Наиболее ответственные этапы изготовления отливок – получение форм, стержней и сборка формы. В серийном и массовом производстве главным образом применяют машинную формовку. Машинная формовка осуществляется, как правило, в двух опоках верхних и нижних полуформ. Во всех случаях формовка на машинах производится по моделям, смонтированных на металлических плитах, что повышает точность отливок, а механизация основных трудоемких операций, уплотнения формы и извлечения модели полностью освобождает формовщиков от трудоемких ручных операций.

Изготовление литейных форм на машинах складывается из ряда операций:

- уплотнение формовочной смеси в опоке и извлечение модели из формы определяют качество будущей отливки: наличие в ней засоров, газовых раковин, трещин, правильность геометрии, чистоту поверхности;
- установка опоки на машину, обдувка модельной плиты и ее опрыскивание разделительным составом, засыпка формовочной смеси и транспортирование готовых форм выполняются вспомогательными и транспортными механизмами машины.

В условиях конвейерного производства выбивка опок производится на полуавтоматических и автоматических установках, оборудованных эксцентриковыми и инерционными решетками. Также производится очистка и исправление дефектов литья. Мелкие отливки очищают от формовочной смеси в галтовочном барабане.

При выбивке образуется большое количество отработанной смеси, часть которой просеивается и передается ленточным конвейером на смесеприготовительное отделение для дальнейшего использования.

Таблица 32 - Техническая характеристика АФЛ «Мультиوماتик 40,5»

Параметр	Значение
Производительность, форм/ч	30
Размер опок в свету, мм	1000x800x200/300/400
Способ уплотнения	Встряхивание с допрессовкой

3.4.3. Расчет формовочных линий

Количество формовочных линий находим по формуле:

$$N = \frac{Q \cdot 1,1 \cdot K_n}{(T_d - t) \cdot Pr},$$

где Q – количество форм на годовую программу, шт;

1,1 – коэффициент учитывающий брак форм;

K_n – коэффициент неравномерности работы оборудования(для формовочногооборудования $K_n = 1,0$);

T_d – действительный фонд времент работы оборудования, ч;

t - время необходимое для смены моделей и наладкув год, ч;

Pr – производительность оборудования, форм/ч.

$$N = \frac{438375 \cdot 1,1 \cdot 1}{(5602 - 102) \cdot 30} = 2,9 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы нужнотри-АФЛ«Мультиوماتик 40,5».

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

$$K_z = \frac{N}{N_{np}} \cdot 100\%,$$

где N – расчетное количество оборудования, шт;

N_{np} – принятое количество оборудования, шт.

$$K_z = \frac{2,9}{3} \cdot 100\% = 96\%.$$

3.6. Отделение очистки литья

Барабан для разделки литья модели БРЗ-1200М представляет собой проходной галтовочный барабан непрерывного действия предназначен для разламывания кустов стальных отливок, отделения литников и прибылей и предварительной очистки литья.

Максимальная производительность	12 т/час
Расчетная производительность	5 т/час
Максимальная масса отливки	500 кг
Максимальная температура литья подаваемого в барабан	50°C
Максимальные размеры куста отливок	1000x800x700
Время нахождения отливок внутри барабана	2-3 мин

Кусты отливок попадают во вращающийся барабан, установленный под углом 1-30 к горизонту, подхватываются порогами и поднимаются на некоторую высоту. При падении с порогов кусты отливок многократно ударяются о поверхность барабана, в результате чего кусты разламываются литники и прибыли отламываются от отливок, кроме того, из отливок выбиваются остатки стержней и формовочной смеси. Благодаря наклонной установке барабана литье медленно перемещается от загрузочной зоны к выходу из него. Время нахождения отливок в барабане составляет 2-3 мин.

Галтовочный барабан обеспечивает высокое качество поверхности отливок. Очистка отливок в галтовочном барабане происходит вследствие взаимных соударений и трения отливок о стенки барабана и специально отливаемые звездочки из белого чугуна, которые загружаются в барабан для повышения интенсификации процесса.

Одновременно с очисткой поверхности отливок в галтовочном барабане происходит выбивка стержней и отбивка литников. Принцип работы заключается в том, что барабан установлен под небольшим углом к го-

ризонту, благодаря чему отливки вместе со звездочками при вращении барабана движутся вдоль его оси.

Угол наклона можно регулировать, изменяя время пребывания отливок в барабане. Подлежащие очистке отливки непрерывно загружаются в барабан пластинчатым конвейером по наклонному лотку, а очищенные отливки непрерывно выходят из барабана с другого его конца.

Звездочки вместе с очищенной от отливок смесью на выходном конце барабана проваливаются через отверстия во внутренней его стенке и попадают в кольцевое пространство между внутренней и наружной стенками барабана. Здесь имеются винтовые лопасти, транспортирующие звездочки при вращении барабана назад к его загрузочному концу.

Смесь по пути просеивается через мелкие отверстия в наружной стенке барабана и собирается в бункере. Звездочки, дойдя до загрузочного конца барабана, поднимаются лопатками и подаются на лоток, по которому вместе с загружаемыми отливками вновь попадают в рабочее пространство барабана.

Для очистки отливок применяют дробеметную камеру периодического действия модели М42815.

Термообработку отливки проходят в термическом цехе. Для этого отливки загружают в специальную тару и автотранспортом перевозят в термический цех.

Таблица 33 - Техническая характеристика дробеметной камеры М42815

Параметр	значение
Производительность, т/ч	2,5
Количество отсасываемого воздуха, м ³ /ч	22000
Масса, кг	43000

Рассчитаем необходимое количество дробемётных камер и галтовочных барабанов для выполнения производственной программы по следу-

ющей формуле:

$$N = \frac{Q \cdot K_n}{T_{\partial} \cdot \text{Пр}},$$

где Q – масса годных отливок на годовую программу, т;

K_n – коэффициент неравномерности работы оборудования(для очистного оборудования $K_n = 1,1 \dots 1,2$);

T_{∂} – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

Пр – производительность оборудования, т/ч.

Количество галтовочных барабанов равно

$$N = \frac{60771 \cdot 1,1}{5572,3 \cdot 5} = 2,4 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно трехгалтовочных барабанов модели БРЗ-1200М .

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

$$K_z = \frac{N}{N_{np}} \cdot 100\%,$$

где N – расчетное количество оборудования, шт;

N_{np} – принятое количество оборудования, шт.

$$K_z = \frac{2,4}{3} \cdot 100\% = 80\%.$$

Количество дробометных камер равно

$$N = \frac{38000 \cdot 1,1}{5572,3 \cdot 2,5} = 3 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно трехдробометных камер модели М42815.

$$K_{\text{3}} = \frac{3}{3} \cdot 100\% = 100\%.$$

4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

4.1. Безопасность труда

С развитием новых технологий большое значение уделяется охране труда, тяжелые и вредные этапы труда автоматизируются и механизмируются.

На всех предприятиях, в учреждениях, организациях создаются здоровые и безопасные условия труда, обеспечение которых – обязанность администрации. На стадии проектирования необходимо учитывать все требования по устранению и ослаблению вредных воздействий на трудящихся, предупреждению несчастных случаев и содержанию мест работы в надлежащем санитарно-гигиеническом состоянии.

В настоящем проекте обеспечиваются основные требования охраны труда с учетом внедрения передовой технологии и улучшения технологического процесса.

4.1.1. Характер труда

Основной путь коренного улучшения условий труда в литейном производстве – применение прогрессивных технологий, автоматизация и механизация всех технологических операций.

Для регламентации условий труда важное значение имеют различные классификации по тяжести работы, по опасности помещений и т. д. По энергетическим затратам литейное производство относится к средней тяжести 150–250 ккал/ч выполняемых работ. Каждое производственное здание должно быть надежным в эксплуатации, долговечным и удовлетворять противопожарным требованиям. Объем производственных помещений на каждого работающего должен быть не менее 5 м³, а

площадь – не менее 3,2 м и определены «Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий».

Высота пешеходных галерей, эстакад, переходов при регулярном проходе работающих 2 м, ширина – 1,5 м. Все площадки на высоте 0,5 м от пола, лестницы, переходные мостики, люки ограждаются перилами высотой не менее 1,2 м со сплошной облицовкой по низу на высоте 0,2 м. Лестницы должны иметь уклон не более 75° . На рабочих местах при легкой работе и работе, не требующей постоянного передвижения, полы устраивают теплыми, [17].

Площадь остекленных проемов составляет от 20 до 30% площади наружных стен. Для проветривания производственных помещений предусматривают открывающиеся устройства в окнах площадью не менее 20% общей площади световых проемов. В системе механической приточной вентиляции рекомендуется предусматривать очистку воздуха от пыли в рабочей зоне помещений.

Проектируемый цех включает в себя следующие отделения:

Сталеплавильное, формовочн-заливочное, стержневое, очистное отделение.

Изготовление форм сопровождается шумом и выделением пыли. При заливке форм выделяется пыль, содержащая диоксид кремния, оксид углерода, нагревающий микроклимат и инфракрасное излучение. Выбивка сопровождается выделением пыли, вибрация и шум.

Стержневое отделение. Все операции в этом отделении сопровождаются выделением продуктов испарения связующих. Выделением пыли.

Смесеприготовительное отделение. При изготовлении смесей в бегунах выделяется пыль и имеется шум.

4.1.2. Условия труда

Воздух рабочей зоны ГОСТ 12.1.005–88* [16].

Санитарные требования зависят от характеристики производственных помещений, характера выполняемой работы, времени года. В проектируемом цехе все помещения разбиваются на 2 типа:

- характеризующиеся незначительным выделением тепла (смесеприготовительное отделение, формовочное отделение, стержневое отделение, обрубной участок);
- характеризующиеся значительным выделением тепла (плавильное отделение, заливочный участок, участок остывания форм, у выбивных решеток).

Величины микроклимата нормируются «Санитарными правилами и нормами» СанПиН 2.2.4.5.548-96 [17]. Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам: температура воздуха должна составлять 17-19⁰С, относительная влажность воздуха 40-60%, скорость движения воздуха не более 0,2 м/с. В теплый период года температура не должна превышать наружную температуру более чем на 3⁰С, относительная влажность 55-80%, скорость движения воздуха 0,5-1,0 м/с.

В помещениях первого типа в холодный период года на постоянных рабочих местах параметры микроклимата практически соответствуют вышеуказанным. В теплый период года температура воздуха составляет 19-21⁰ С, относительная влажность воздуха 40-60%, скорость движения воздуха не более 0,2 м/с [15].

В помещениях второго типа в холодный период года на постоянных рабочих местах температура воздуха составляет 22⁰С, относительная влажность воздуха 15-75%, скорость движения воздуха 0,2-0,4 м/с. В теплый период года температура воздуха составляет 27⁰С, относительная влажность воздуха не более 60%, скорость движения воздуха 0,2-0,5 м/с.

Интенсивность теплового потока в помещениях второго типа достигает высоких значений. Известно, что интенсивность менее 0,7 кВт/м² не вызывает неприятного ощущения, если действует в течение нескольких ми-

нут, а свыше $3,5 \text{ кВт/м}^2$ уже через 2 с вызывает жжение [21]. В целях защиты от возможного перегрева принимаются меры по снижению воздействия горячей атмосферы на трудящихся.

Нормальные условия труда обеспечиваются применением технологических процессов, ведущих к снижению выделения вредных и токсичных веществ. Применяя современные автоматические линии, мы имеем возможность:

- предлагается охлаждать отливки под вытяжным кожухом, то есть локализовать все вредные вещества, выделяемые в процессе охлаждения залитых форм;

- особенно интенсивным должен быть отсос от выбивных решеток в виду большого количества пыли, выделяющейся при выбивке форм; поэтому предлагается использовать двусторонний боковой отсос;

- пылевыводящие места выбивного барабана и на зачистном оборудовании предлагается снабдить отсасывающими зонтами шатрового типа.

Исключая обдув форм и подмодельных плит сжатым воздухом, уборку полов производственных помещений, в данном проекте предусматриваем использование стационарных и передвижных пылеотсасывающих установок.

В смесеприготовительном отделении для приготовления формовочных и стержневых смесей применяем смесители закрытого типа с системой отсоса пыли.

В плавильном отделении принимаются следующие меры:

- заслонки печи имеют воздушную прослойку;
- воздушные завесы у печи;
- устройство вентиляции непосредственно для отсоса горячего воздуха.

Конвейерное сушило, расположенное в стержневом отделении, имеет конструкцию, предотвращающую переток атмосферы сушила в цех – входная и выходная части выполнены с наклоном к горизонту.

Куртки и брюки изготовлены из сукна, для защиты головы от перегрева применяются шляпы с широкими полями из сукна. Для защиты рук применяют брезентовые рукавицы. Для защиты глаз применяют очки.

В ГОСТ 12.005-88* [16] предусматривают широкий комплекс санитарно-технических мероприятий, учитывающих особенности технологических процессов и их взаимосвязь со строительными конструкциями, здесь также указаны максимальные разовые предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, где находятся места постоянного или временного пребывания рабочих. В таблице 34 приведены значения ПДК основных вредных веществ, выделяющихся в литейном производстве.

Таблица 34 - ПДК основных вредных веществ

Наименование вредного вещества	Класс опасности	ПДК, мг/м ³	Реальное содержание, мг/м ³
Окислы железа	4	4	2,8
Окислы алюминия	1	2	1,9
Окислы углерода	4	20	19
Окислы азота	4	5	4,3
Окислы марганца	1	0,3	0,25
Кремнийсодержащая пыль	3	1	0,75

Основными источниками, выделяющими вредные загрязняющие вещества (пыль, газы) является технологический процесс, а также оборудование, на котором выполняются технологические операции:

- охладительный конвейер;
- выбивные решетки;
- выбивной и очистной барабаны;
- зачистные машины;

Для предотвращения пылевыведения на пылящем оборудовании предусматривают различные по конструкции укрытия, из-под которых производят отсос воздуха. Такие вентиляционные системы называют аспирационными. Отсасываемый воздух перед выбросами в атмосферу

должен подвергаться очистке. В этом воздухе, как правило, большое количество кремнийсодержащей пыли, а также частицы глинозема, доломита, известняка, угля и других веществ как в твердом, так и в газообразном состоянии.

Освещенность

Важным элементом создания благоприятных условий труда является рациональное освещение помещений и рабочих мест, при которых повышается производительность труда, улучшаются условия безопасности, снижается утомляемость.

При проектировании освещения производственных помещений литейных цехов надлежит руководствоваться требованиями строительных норм и правил (СНиП 23–05– 95*)[19]. Для работающих в помещениях с недостаточным естественным освещением и без естественного освещения надлежит использовать установки искусственного ультрафиолетового излучения.

В цехе в помещениях с постоянным пребыванием людей применяется комбинированное естественное освещение. Так же применяется искусственное освещение следующих типов рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное. При необходимости часть светильников того или иного вида освещения может использоваться для дежурного освещения. Рабочее освещение предусмотрено для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. Для освещения помещений, предусмотрены газоразрядные лампы.

Аварийное освещение необходимо, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение нормального обслуживания оборудования и механизмов может вызвать: пожар, длительное нарушение технологического процесса и т.д.

Эвакуационное освещение в помещениях или в местах производства работ вне зданий предусмотрено: в местах, опасных для прохода людей; в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей, при числе эвакуирующихся более 50 человек.

Цех имеет самостоятельные отделения и участки, характеризующиеся различной точностью зрительных работ и значениям освещенности (таблица 35). Их искусственное освещение осуществляется на основе СНиП 23–05–95* [19]. Принимаем систему общего освещения по цеху, местного - для участков формовки, стержневого отделения, отдела контроля годных отливок, электро-пультовых и щитовых. Для общего освещения принимаем лампы с большой мощностью типа ДРЛ. Для местного – кроме разрядных источников света используют лампы накаливания.

Таблица 35 - Точность зрительных работ и норм освещенности

Подразделение цеха	Разряд зрительных работ	Норма освещенности, Лк
Смесепприготовительное	6	150
Формовочное и стержневое	3б	300
Плавильное	7	200
Выбивное	6	150
Обрубное	5а	200
Очистка и термообработка	6	150

Рассчитаем освещённость на формовочном участке, площадь которого составляет 4332 м2.

Потребный световой поток определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{100 \cdot E_H \cdot S \cdot Z \cdot K}{N \cdot \eta},$$

где E_H – нормированная минимальная освещённость, Лк;

K – коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока лампы в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации (для литейных цехов $K = 1,7$);

S – площадь освещаемого помещения, м^2 ;

Z – коэффициент неравномерности освещения (для люминисцентных ламп $Z = 1,1$);

N – число светильников в помещении;

η – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент η определяется по справочным таблицам в зависимости от вида источника света и индекса помещения i , определяемого по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{H \cdot (A + B)},$$

где A и B – длина и ширина помещения, м;

H – расчётная величина подвеса светильников, м.

$$i = \frac{38 \cdot 114}{7 \cdot (38 + 114)} = 4.$$

При индексе помещения 4 коэффициент использования светового потока равен 59%.

$$\Phi = \frac{100 \cdot 200 \cdot 4332 \cdot 1,1 \cdot 1,7}{500 \cdot 59} = 5492 \text{ лм.}$$

Подсчитав световой поток по справочным таблицам подбираем стандартную лампу, обеспечивающую нормированную величину E_H .

В качестве источника света в цехе применяю люминесцентные лампы типа ЛБ-80.

Шум

Шум – беспорядочное сочетание звуков различной силы и частоты, отрицательно действует на организм человека, мешает полноценной работе.

В соответствии с ГОСТ 12.1.003–83* [23] в проектируемом цехе предусматриваются меры по снижению шума. Применена шумобезопасная технология формовки – прессово-вибрационные автоматы при уплотнении формы. Уровень звукового давления 70–75 дБ выдерживается в плавленом, смесеприготовительном, стержневом, формовочном, частично в очистном отделениях литейного цеха. [20]

В районе галтовочных и дробеметных барабанов уровень звукового давления составляет 85–95 дБ [20], что требует применение средств индивидуальной защиты (вкладышей, наушников) и ограниченного времени пребывания в этих зонах. В соответствии с ГОСТ 12.4.026 [26] эти зоны обеспечиваются специальными знаками.

В обрубном отделении при выполнении некоторых операций (зачистка на наждаке, заварка, отрезка) уровень звукового давления составляет 80–85 дБ, рабочие должны применять индивидуальные средства защиты.

Вибрация

Вибрация – в литейных цехах источниками общей вибрации являются сотрясения пола и других конструктивных элементов здания в следствии ударного действия выбивных решеток, пневматических формовочных, центробежных и других машин, а источниками локальной вибрации – пневматические рубильные молотки, трамбовки и др. Параметры общей и локальной вибрации регламентируются ГОСТ 12.1.012–90* [22].

Электрическая безопасность

«Правила устройства электроустановок, ПУЭ» [25], «Правила эксплуатации электроустановок потребителей, ПЭЭП», а также «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ–016–2001» охватывают большой круг профилактических мероприятий по предупреждению электротравматизма при эксплуатации различных электроустановок. В соответствии с правилами

устройства электроустановок помещение проектируемого цеха относится ко 2 группе по степени опасности поражения электрическим током то есть помещение – с особой опасностью.

Так как в цехе имеются токопроводящие полы (металлические, железобетонные), высокие температуры, возможны одновременные прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

Широкое использование электроэнергии в проектируемом цехе диктует строгое соблюдение правил безопасной эксплуатации электроустановок и оборудования. Несоблюдение этих правил может привести к травмам, разрушениям и пожарам.

Меры по защите от поражения электрическим током:

- инструктаж персонала;
- все электрооборудование (электротермические установки для плавки и нагрева металла, сушки форм и стержней и др.) должно иметь кожухи и ограждения, во избежание случаев ошибочного прикосания к токоведущим частям, при отсутствии кожухов оборудование располагается в защитных местах на недоступной высоте или в машинных залах;
- все токоведущие части электрооборудования, которые при неисправной изоляции могут оказаться под напряжением, имеют защитное заземление;
- оборудование должно быть защищено от влажности, запыленности, взрыво- и пожаробезопасности окружающей среды;
- применение предупреждающих плакатов на опасных местах;
- применение индивидуальных средств защиты при работе с электрооборудованием.

По степени опасности поражения людей электрическим током производственные помещения литейного цеха являются помещениями повышенной опасности.

Распределительные шкафы оснащены специальной защитой от перегрузок и коротких замыканий, имеющие номинальный ток 400А, в них, на отходящих к потребителям проводах, установлены предохранители.

Пожарная безопасность

Проектируемый литейный цех стального литья отнесен к пожароопасной категории Г, как производство, связанное с применением негорючих веществ и материалов в горячем, раскаленном и расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и в котором газообразные вещества используются в виде топлива. Степень огнестойкости зданий и сооружений I – II [31].

Основной причиной возгорания в литейном цехе является неисправное оборудование, случайные возгорания от открытых источников огня, вследствие невнимательного и халатного отношения работников, практически исключены. В цехе нет мест, где утечка газа могла бы привести к взрыву, так как система вентиляции не позволяет скопиться взрывоопасной смеси. В целях предотвращения пожаров в цехе необходимо применить комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на защиту людей и ограничения материального ущерба.

Комплекс организационных мероприятий (согласно ГОСТ 12.1.004-91)[27], обеспечивающий пожарную безопасность:

- применением конструкций объектов с регламентируемыми пределами огнестойкости;
- наличием плана эвакуации людей;
- наличием средств индивидуальной и коллективной защиты людей;
- системой противопожарной защиты и пожарной сигнализации;
- применением средств пожаротушения;
- организацией пожарной охраны объекта.

В проектируемом цехе планируется применение средств пожаротушения, регламентированных ГОСТ 12.4.009-83[28], среди которых:

- пожарные гидранты, к которым при пожаре присоединяются гибкие рукава, которые питаются из хозяйственного, производственного водопровода;
- огнетушитель ручной пенный ОХП-10, предназначенный для тушения оборудования без электропроводки;
- огнетушитель ручной углекислый, для тушения электрооборудования, твердых и жидких веществ;
- покрывала из асбеста;
- песок.

Предложенные в дипломном проекте мероприятия по созданию оптимальных условий труда (исключающие вредное воздействие шума и вибрации, по созданию оптимального микроклимата и освещенности рабочих мест, объемно – планировочное решение, мероприятия по пожарной безопасности) должны должным образом повлиять на безопасность работников цеха, уменьшить травматизм и снизить риск профессиональных заболеваний.

5. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

5.1. Глобальные экологические проблемы

Современные масштабы воздействия человека на природу вызваны научно-техническим прогрессом. Человек воздействует на окружающую среду в процессе получения энергии, добычи полезных ископаемых, выплавки металла, обработки материалов и т.д. При осуществлении всех этих видов деятельности человек загрязняет атмосферу, гидросферу, почву, истощает возобновляемые и невозобновляемые ресурсы. Если не будут предприняты меры по предотвращению загрязнения окружающей среды, то существующий экологический кризис может перейти в экологическую катастрофу.

Современное металлургическое предприятие это сложный производственный комплекс, включающий множество разнообразных цехов, а иногда и отдельных заводов, которые могут в значительной мере загрязнить водный и воздушный бассейн окружающего района. Вследствие чего появляются кислотные дожди, парниковый эффект и т.д.

Главной причиной парникового эффекта является попадание в атмосферу промышленных газов. Его создают углекислый газ, оксид азота, метан, хлорфторуглероды. Все эти газы - результат деятельности человека.

Предпосылки для повышения кислотности атмосферной воды возникают, когда промышленные предприятия выбрасывают большие объемы оксидов серы и оксидов азота. Наиболее характерные источники таких загрязнений – это выхлопные газы автомобилей, металлургическое производство и тепловые электростанции (ТЭЦ). Современный уровень развития технологий очистки не позволяет отфильтровывать соединения азота и серы, которые возникают в результате сгорания угля, торфа, других видов сырья, используемого в промышленности. В итоге такие оксиды попадают в атмосферу, соединяются с водой в результате реакций под

действием солнечного света, и выпадают на землю в виде осадков, которые и называют «кислотные дожди».

Избежать этого полностью при существующей технологии невозможно, продуктивными мерами по снижению загрязнения окружающей среды, являются: применение ресурсо- и энергосберегающих технологий в производстве; использование вторичных ресурсов; развитие безотходных и малоотходных технологий; применение очистных установок и сооружений.

Большинство технологических процессов в литейном цехе сопровождается выделением в производственные помещения пыли и газов.

Неизбежный рост промышленного производства и, следовательно, дальнейшее увеличение выбросов вредных веществ в атмосферу могут повлечь за собой самые серьезные последствия.

В литейных цехах выделение запыленных газов происходит в процессе приготовления формовочных материалов, плавления и заливки металла, выбивки горелой смеси и её транспортировки, и других операций. Кроме того, твердые отходы литейного производства занимают большие производственные площади и отвалы, что предполагает отчуждение земель.

ОАО «НПК «Уралвагонзавод» ведет активное использование природных ресурсов и является источником загрязнения атмосферы, поверхностных и подземных водных объектов.

5.2. Анализ связей технологического процесса с экологическими системами

Технология производства отливок из стали для машиностроения сопровождается использованием исходного сырья, получением готовой продукции и образованием различных отходов.

Схема технологического процесса приведена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Схема технологического процесса

В качестве сырья используется песок, глина, стальной лом, отходы стали в кусках, ферросплавы, железо из окалины, добавочные материалы, сжатый воздух.

Энергоресурсами служат природный газ, электроэнергия, пар. В ходе технологического процесса образуются следующие виды отходов: материальные отходы - жидкие (сточные воды), твердые (скрап, недоливы, шлак сталелитейный, угар, потери, пыль) и газообразные (оксид углерода, диоксид азота); энергетические – шум, вибрация, тепловые выбросы, электромагнитное излучение.

Сточные воды образуются при охлаждении оборудования, термообработке и т.д.

Скрап - зашлакованные отходы черных металлов, мелкие стальные частицы, разбрызгиваемые во время выпуска стали, выплески и расплески во время транспортировки и разливки стали, остывшая сталь на стенках и дне разливочного ковша.

Шлак - побочный отход от производства металла, после очистки от остатков ценных компонентов.

При выплавке металлов формируются шлаки, основу которых составляют оксиды. Это наиболее массовый вид отходов. Работа металлургических агрегатов сопровождается выносом пыли с отходящими газами. При мокрой газоочистке эта пыль в отстойниках превращается в кашеобразную массу (шлам).

Газообразные оксиды углерода и азота образуются при выплавке стали в электродуговых печах.

Источником электромагнитного излучения и шума является работающее оборудование.

Вибрационные колебания возникают на подготовительном участке, где песок просеивается через сита подготовительных камер.

Тепловые выбросы образуются в процессе плавки и разливки металла.

Анализ технологического процесса свидетельствует о его незамкнутом характере, поскольку существуют связи с внешней средой при использовании исходного сырья, энергии, выходе готовой продукции и получении различных видов отходов.

В таблице 36 представлены основные характеристики технологического процесса.

Таблица 36 - Основные материально-энергетические показатели технологического процесса

Показатели	Количество	Ед. изм.
1. Сырье		
Лом и отходы	61,6	тыс. т/год
Чугун передельный	1,9	тыс. т/год
Ферросплавы	0,64	тыс. т/год
Сжатый воздух	0,2	млн м ³ /год
Вода оборотная	0,9	тыс. м ³ /год
2. Энергия		
Электрическая	15	млн. кВт·ч
Природный газ	35	тыс. м ³ /год
Пар	32	тыс. кДж/год
3. Продукция		
Отливки	38	тыс. т/год
4. Отходы материальные		
Угар и потери	0,94	тыс. т/год
Пыль	1,7	тыс. т/год
Шлак	4,8	тыс. т/год
Оксид углерода	0,33	тыс. т/год
Диоксид азота	1,22	тыс. т/год
Сточные воды	0,2	тыс. м ³ /год
Взвешенные вещества	12	тыс. т/год
5. Отходы энергетические		
Шум	85 – 130	дБА
Тепло отходящих газов	1,5	млн. кДж/год
Вибрация	50	дБ
Напряженность электрического поля	25	Вт/м
Напряженность магнитного поля	5	А/м

5.3. Основные требования экологизации проекта

Литейное производство является экологически не безопасным, поэтому необходимо соблюдение санитарно-гигиенических норм, приведенных в таблице 37.

Таблица 37 – ПДК вредных веществ и ПДУ воздействия, выбрасываемых цехом

Показатели технологического процесса	Единица измерения	Нормируемое значение
Пыль металлургическая	мг/м ³	0,5/0,15
Оксид углерода	мг/м ³	0,5/0,05
Диоксид азота	мг/м ³	0,085/0,04
Взвешенные вещества	мг/л	20
Производственный шум	дБА	80
Температура	°С	16 – 24
Вибрация	Дб	50

Примечание: в числителе - максимальная разовая, в знаменателе – среднесуточная

5.4. Мероприятия по экологизации технологического процесса

Для снижения количества выбросов пыли в воздух рабочей зоны, предусматривается установка устройств местной вентиляции, зонтов, фильтров, циклонов.

Для удаления газообразных выбросов предусматривается установка скрубберов, циклонов, газоочистных фильтров.

Для уменьшения забора воды из природных источников в цехе предусмотрено использование оборотной воды, прошедшей механическую очистку.

Отработанная формовочная и стержневая смесь подвергается регенерации и последующему использованию в технологическом процессе.

Шлак, формовочные и стержневые смеси, не подлежащие регенерации, направляются на нужды народного хозяйства для изготовления кирпича, на строительства дорог и на компост. Неиспользованный шлак направляется в действующий шлакоотвал.

Уменьшение выброса тепловой энергии в воздух рабочей зоны обеспечивается применением котлов–утилизаторов. В дальнейшем, тепло отходящих газов используется для подогрева воздуха приточной вентиляции.

Снижение уровня шума и вибрации обеспечивается установкой оборудования на виброизолирующие и шумопоглощающие фундаменты, установкой кожуха выбивной решетки снабженного внутренней облицовкой из звукопоглощающих материалов, звукоизоляция стенок дробеметно-дробеструйного оборудования.

Уменьшение влияния электромагнитного излучения достигается за счёт установки специальных экранов.

Для снижения общего вредного воздействия технологического процесса на окружающую среду, предусматривается установка более современных печей ДППТ-6 вместо печей ДСП, что позволит снизить количество выбросов загрязняющих веществ в среднем в 3 раза.

Сравнительные характеристики печей ДСП и ДППТ представлены в таблице 38.

Таблица 38 - Сравнительные характеристики печей

Показатель	ДСП – 6	ДППТ – 6
Пыль, мг/м ³	27,2	9,9
Шум, дБ	98	84
Расход электроэнергии на 1 т жидкой стали общий/по расплавлению, кВт·ч	880/535	740/450
Угар металла общий, %	7 – 7,5	3,5 – 5
Расход электродов, кг/т	14	2,12
Расход ферросилиция, кг/т	12,5	11,2
Расход силикамарганца, кг/т	13,0	11,8
Расход ферромарганца, кг/т	11,5	10,6
Расход феррохрома, кг/т	11,2	9,6
Расход феррованадия, кг/т	7	4,7
Расход ферромolibдена, кг/т	2,1	2,1
Расход извести, кг/т	48,0	20,7
Расход шамота(для наведения шлака), кг/т	12,1	2,7
Расход кирпича на кладку, кг/т	22	12
Количество шлака на плавку, т	1,31	0,46

Рекомендуемые мероприятия позволят сделать технологический процесс более экологичным, ресурсо- и энергосберегающим, поскольку влияние загрязняемых веществ будет сведено к минимальному, за счёт применения современного автоматизированного оборудования, имеющего высокую степень очистки от вредных веществ.

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

6.1 Расчет численного состава рабочих

Различают списочную и явочную численность рабочих, фактически участвующих в производственном процессе. Списочная численность рабочих включает всех постоянных и временных рабочих, имеющих трудовые договорные отношения с предприятием [33].

Расчёт явочной численности рабочих выполняем по формуле:

$$N_{я} = H_i \cdot A_i \cdot C_i,$$

где H_i – норма обслуживания оборудования в смену, чел.;

A_i – количество одновременно работающих однотипных агрегатов, шт.;

C_i – число смен в сутки.

Списочное число рабочих определяем по формуле:

$$N_{cn} = N_{я} \cdot K_{cn},$$

где K_{cn} – коэффициент списочного состава, $K_{cn} = \frac{T_n}{T_o}$,

Баланс рабочего времени основных рабочих представлен в таблице 39.

Баланс рабочего времени вспомогательных рабочих представлен в таблице 40.

Таблица 39 – Баланс рабочего времени основных рабочих [12]

Статья баланса	Фонд времени	
	Сутки	Часы
Календарный фонд времени	366	2928
Выходные дни	105	-
Праздничные дни	14	-
Номинальный фонд времени	247	1976
Плановые невыходы на работу	34	272
В том числе:		
• основной и дополнительный отпуск;	30 (25)	-
• по болезни;	7	-
• выполнение государственных обязанностей;	1	-
• отпуск учащихся.	1	-
Действительный фонд времени	213	1704
Коэффициент списочного состава $K_{сп}$	1,16	-

Таблица 40–Баланс рабочего времени вспомогательных рабочих [12]

Статья баланса	Сутки	Часы
Календарный фонд времени	366	2928
Выходные дни	105	-
Праздничные дни	14	-
Номинальный фонд времени	247	1976
Плановые невыходы на работу	30	240
В том числе:		
• основной и дополнительный отпуск;	24 (21)	-
• по болезни;	7	-
• выполнение государственных обязанностей;	1	-
• отпуск учащихся	1	-
Действительный фонд времени	217	1736
Коэффициент списочного состава	1,14	-

С учетом данных баланса рабочего времени рабочих выполняем расчет численности рабочих. Расчёт по основным рабочим приведён в таблице 41. Расчет списочного состава вспомогательных рабочих приведён в таблице 42. В таблице 43 представлено штатное расписание ИТР, служащих и МОП. Принятое количество управленческого и обслуживающего персонала приведено в таблице 44.

Таблица 41 – Расчет списочного состава основных рабочих

Наименование отделений, оборудования и профессий	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Норма обслуживания, чел.	Количество агрегатов, шт.	Количество рабочих, чел.			K _{сп}
					Явочное		Списочное	
					В смену	В сутки		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Плавильное отделение ДППТ-6				3				1,16
Сталевар	5	3	2		6	18	21	
Подручный	5	3	2		6	18	21	
Огнеупорщик	3	3	1		3	9	11	
Шихтовщик	3	3	2		6	18	21	
Заливщик	3	3	2		6	18	21	
Итого					27	81	95	
Формовочное отделение АФЛ «Мультиматик 40,5»				3				1,16
Сборщик форм	3	3	4		12	36	42	
Формовщик	4	3	4		12	36	42	
Формовщик	5	3	4		12	36	42	
Итого					36	108	126	
Стержневое отделение 32-100				4				1,16
Стерженщик	4	3	2		8	24	28	
23225A1				1				
Стерженщик	5	3	3		3	9	11	
Камерное сушило				2				
Сушильщик	3	3	1		2	6	7	
Итого					13	39	46	
Смесеприготовительное отделение Сушильные печи БН2-12НУ-03				4				1,16
Сушильщик	2	3	1		4	12	14	

Наименование отделений, оборудования и профессий	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Норма обслуживания, чел	Количество агрегатов, шт.	Количество рабочих, чел.			К _{сп}
					Явочное		Списочное	
					В смену	В сутки		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Смеситель 115М				3				1,16
Земледел	4	3	2		6	18	21	
Смеситель АМК 200-Н				2				
Земледел	4	3	2		4	12	14	
Сито барабанное				2				
Земледел	3	3	1		2	6	7	
Итого					16	48	56	
Очистное отделение Выбивная решетка				3				1,16
Выбивщик	3	3	2		6	18	21	
Пост газорезки				3				
Газорезчик	4	3	1		3	9	11	
Галтовочный барабан БРЗ-1200М				3				
Обрубщик	3	3	1		3	9	11	
Дробеметная камера М42815				3				
Чистильщик	4	2	1		3	9	11	
Итого					15	45	53	
Всего производственных рабочих					107	321	376	

Таблица 42 – Расчет списочного состава вспомогательных рабочих

Наименование профессии	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Количество рабочих			K _{сп}
			Явочное		Списочное	
			В смену	В сутки		
Крановщик	3	3	5	15	18	1,14
Слесарь по ремонту оборудования	3	3	3	9	11	
Электрик по ремонту оборудования	4	3	3	9	11	
Кладовщик	2	3	2	6	7	
Лаборант экспресс-лаборатории	4	3	4	12	14	
Водитель внутрицехового транспорта	2	3	4	12	14	
Слесарь-сантехник	3	3	2	6	7	
Контролер ОТК	3	3	6	18	21	
Сварщик	4	3	6	18	21	
Всего вспомогательных рабочих			35	105	124	

Таблица 43 – Штатное расписание ИТР, служащих и МОП

Должность	Количество, чел.	Должностной оклад, руб.	Сумма оклада с учетом рай- онного коэффициента, руб.	
			За месяц	За год
ИТР				
Начальник цеха	1	42000	48300	579600
Зам. начальника цеха	3	37000	42550	1531800
Зам. начальника цеха по кадрам	1	35000	40250	483000
Зам. начальника цеха по сбыту	1	35000	40250	483000
Начальник технологиче- ского бюро	1	26000	29900	358800
Технолог	4	16000	18400	883200
Старший мастер	6	18000	20700	1490400
Экономист	3	11000	12650	455400
Механик	1	22000	25300	303600
Энергетик	1	22000	25300	303600
Итого	22	264000	303600	6872400
Служащие				
Табельщик	3	7900	9085	327060
Секретарь	1	7400	8510	102120
Бухгалтер	2	10100	11615	278760
Нормировщик	3	8900	10235	368460
Итого	9	34300	39445	1076400
МОП				
Уборщица	6	4800	5520	397440
Сатураторщик	4	3800	4370	209760
Итого	10	11300	9890	607200
ВСЕГО	41	309600	352935	8556000

Таблица 44 – Структура трудящихся в цехе

Категория персонала	Количество человек	Удельный вес в общей численности, %
Рабочие, всего	500	92,4
В том числе:		
• основные	376	69,5
• вспомогательные	124	22,9
ИТР	22	4,1
Служащие	9	1,7
МОП	10	1,8
Итого:	541	100

6.2. Организация и планирование заработной платы

Расчёт фонда заработной платы:

$$T_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n T_{\text{ст.}i} \cdot \frac{N_i}{N_{\text{я}}},$$

где $T_{\text{ст.}i}$ - ставка рабочего i -го разряда;

N_i – явочное число рабочих соответствующего разряда;

$N_{\text{я}}$ – явочное число рабочих данной группы.

Фонд заработной платы по каждой группе рабочих рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{т.ф}} = T_{\text{ср}} \cdot N_{\text{ч}} \text{ (зарплата по ставке)} \text{ и } З_{\text{т.ф.с}} = З_{\text{т.ф}} + \Delta З_{\text{с}},$$

где $З_{\text{т.ф.с}}$ – зарплата сдельщиков;

$\Delta З_{\text{с}} = З_{\text{т.ф}} \cdot (K - 1)$ - приработок сдельщика (коэффициент выполнения норм выработки K можно принять в пределах 1,5-1,3);

$N_{\text{ч}}$ – годовые затраты времени данных рабочих на программу.

$$N_{\text{ч}} = N_{\text{сп}} \cdot T_{\text{д}},$$

где $N_{\text{сп}}$ – списочное число рабочих данной группы;

$T_{\text{д}}$ – действительный фонд рабочего времени рабочего, ч.

Фонд основной заработной платы (за отработанное время) рабочих каждой группы рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{ос}} = З_{\text{т.ф.с}} \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{ст}} + K_{\text{ком}} + K_{\text{др}}) \cdot K_{\text{рн}},$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент премиальных затрат;

$K_{\text{ст}}$ – коэффициент стимулирующих доплат;

$K_{\text{ком}}$ – коэффициент компенсационных доплат;

$K_{\text{др}}$ – коэффициент прочих доплат;

$K_{\text{рн}}$ – районный коэффициент.

Дополнительная заработная плата вычисляется по формуле:

$$З_{\text{доп}} = \frac{З_{\text{ос}} \cdot K_{\text{доп}}}{100},$$

где $K_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы.

Годовой фонд заработной платы основных и вспомогательных рабочих рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{г.ф}} = З_{\text{ос}} + З_{\text{доп}}.$$

Результаты расчетов фонда заработной платы основных и вспомогательных рабочих приведены в таблице 45.

Таблица 45 – Расчет фонда заработной платы основных и вспомогательных рабочих

Участок	Количество рабочих, чел.	Средняя часовая ставка, руб.	Загаты времени на программу, чел. ч.	Зарплата за отработанное время, тыс. руб.								Зарплата, тыс. руб.			
				По ставке	Приработок сдельщика	Премии	Стимулирующие доплаты	Компенсационные доплаты	Прочие доплаты	Итого	С учетом районного коэффициента	За неотработанное время	Годовой фонд	Среднемесячная по отделению	Среднемесячная рабочего
Плавильное отделение	95	23,5	161880	3804.2	1521.7	1141.3	570.6	380.4	266.3	7684.4	8837.1	1369.8	10206.9	850.6	9.0
Формовочное отделение	126	23,6	214704	5067.0	2026.8	1520.1	760.1	506.7	354.7	10235.4	11770.7	1824.5	13595.1	1132.9	9.0
Стержневое отделение	46	23,6	78384	1849.9	739.9	555.0	277.5	185.0	129.5	3736.7	4297.2	666.1	4963.3	413.6	9.0
Смесеприготовительноеотделение	56	23,4	95424	2232.9	893.2	669.9	334.9	223.3	156.3	4510.5	5187.1	804.0	5991.1	499.3	8.9
Очистное отделение	53	22,5	90312	2032.0	812.8	609.6	304.8	203.2	142.2	4104.7	4720.4	731.7	5452.0	454.3	8.6
Итого	376												40208.4	3350.7	44.4
Вспомогательные рабочие	124	23,2	215264	4994.1	1997.6	1498.2	749.1	499.4	349.6	10088.1	11601.4	1450.2	13051.5	1087.6	8.8
Всего	500												53259.9	4438.3	53.2

6.3. Отчисления в социальные фонды

Порядок уплаты страховых взносов во внебюджетные фонды определяется законом от 24.07.2009 № 212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования и территориальные фонды обязательного медицинского страхования» [33] и частично федеральными законами о конкретных видах обязательного социального страхования. В 2016 г. применяются следующие ставки страховых взносов:

- отчисления в Федеральный фонд обязательного медицинского страхования (5,10 % от фонда заработной платы + 0,2% от фонда заработной платы на травматизм);
- отчисления в Фонд социального страхования Российской Федерации (2,90% от фонда заработной платы);
- отчисления в Пенсионный фонд Российской Федерации (22% от фонда заработной платы).

Отчисления в социальные фонды от фонда оплаты труда основных и остальных трудящихся приведены в таблице 46.

Таблица 46 - Отчисления в социальные фонды

Фонд заработной платы	Отчисления в фонд, тыс. руб.			Отчисления в социальные фонды, тыс. руб.
	Пенсионный	Медицинского страхования	Социального-страхования	
Основные рабочие по цеху (40208.4)	8845.8	2131.0	1166.0	12142.9
Вспомогательные рабочие по цеху (13051.5)	2871.3	691.7	378.5	3941.6
Управленческий и обслуживающий персонал по цеху (8556)	1882.3	453.5	248.1	2583.9

Данные по общему фонду заработной платы с учетом доплат из фонда потребления приведены в таблице 47.

Таблица 47– Общий фонд заработной платы по цеху, тыс. руб.

Категории работников	Виды доплат из фонда потребления, тыс. руб.				Общий фонд заработной платы тыс. руб.
	Единовременные премии (5%)	Вознаграждение за выслугу лет (2,5%)	Материальная помощь (2%)	Доплаты к отпуску (1%)	
Основные рабочие (40208.4)	2010.4	1005.2	804.2	402.1	44430.3
Вспомогательные рабочие (13051.5)	652.6	326.3	261.0	130.5	14421.9
ИТР (6872.4)	343.6	171.8	137.4	68.7	7594.0
Служащие (1076.4)	53.8	26.9	21.5	10.8	1189.4
МОП (607.2)	30.4	15.2	12.1	6.1	671.0
Итого	3090.8	1545.4	1236.3	618.2	68306.6

6.4. Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений

Прежде всего, определяем балансовую стоимость основных фондов, включающую в себя затраты [33]:

- на возведение зданий и сооружений;
- на приобретение, доставку и монтаж оборудования;
- на приобретение технологической оснастки;
- на приобретение инструмента и инвентаря.

Стоимость здания литейного цеха принимаем 2000 рублей за 1 м³, стоимость бытовых помещений – 2500 рублей за 1 м³. Затраты на здание и бытовые помещения вычисляем по формулам:

$$C_{зд} = V_{зд} \cdot c_{зд},$$

$$C_{б.п.} = V_{б.п.} \cdot c_{б.п.},$$

где $V_{зд}$ и $V_{б.п.}$ – объёмы здания и бытовых помещений, m^3 ;

$c_{зд}$ и $c_{б.п.}$ – удельная цена здания и помещений, руб/ m^3 .

$$C_{зд} = 185000 \cdot 2000 = 370 \text{ млн. руб.};$$

$$C_{бп} = 9400 \cdot 2500 = 23,5 \text{ млн.руб.}$$

Расчёт затрат на приобретение, доставку, монтаж оборудования и подъёмно-транспортных механизмов выполняем по ведомости оборудования. Затраты на монтаж основного оборудования принимаем 10%. Затраты на приобретение и монтаж подъёмно-транспортного оборудования принимаем в размере 60% от стоимости технологического оборудования.

Затраты на инструмент и приспособления принимаем в количестве 500 руб. на 1 тонну годных отливок.

Стоимость хозяйственного инвентаря можно принять из расчета 100 руб. на одного работающего.

Амортизационные отчисления определяются умножением нормы амортизации на балансовую стоимость основных фондов. Принимаем следующие значения норм амортизации [12]:

- для зданий и сооружений – 2 %;
- для плавильных печей – 7 %;
- для технологического оборудования – 9 %;
- для подъёмно-транспортного оборудования – 10 %;
- для инструмента и оснастки – 50 %;
- для хозяйственного инвентаря – 10 %.

Результаты расчетов капитальных затрат и амортизационных отчислений приведены в таблице 48.

Таблица 48 – Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений

Наименование	Мар-ка(модель) оборудования	Количество	Стоимость единицы оборудования			Общая стоимость, тыс. руб.	Амортизационные отчисления	
			Цена, тыс.руб.	Монтаж %	Всего, тыс.руб.		Норма, %	Сумма, тыс. руб.
Здания и сооружения		185000	2 за м ³			370000	2	7400
Бытовые помещения		9400	2,5 за м ³			23500	2	470
	Итого					393500		7870
Печь плавильная	ДППТ – 6	3	50000	10	5000	55000	7	11550
АФЛ	Мультиматик 40,5	3	60000		6000	66000	9	17820
Смеситель	115M	3	5300		530	5830	9	1574.1
Смеситель	АМК 200-Н	2	3800		380	4180	9	752.4
Печь сушильная	БН2-12НУ-03	4	1350		135	1485	9	534.6
Сито барабанное		2	300		30	330	9	49.4
Стержневой машина	32-100	4	5350		535	5885	9	2118.6
Стержневой машина	23225A1	1	4300		430	4730	9	425.7
Камерное сушило		2	2000		200	2200	9	396
Галтовочный барабан	БРЗ-1200М	3	20000		2000	22000	9	5940
Дробебетная камера	М42815	3	25000		2500	27500	9	7425
	Итого					576620		48585.8
Подъемно-транспортное оборудование						345972	10	34597.2
Инструмент и оснастка						19000	50	9500
Хоз. инвентарь						50	10	5
Всего						1335142		100558

6.5. Определение затрат и планирование себестоимости

В себестоимость продукции включаются следующие группы затрат [12]:

- материальные затраты;
- затраты на оплату труда;
- отчисления на социальные нужды;
- амортизация основных фондов;
- прочие расходы.

Выделяют следующие категории затрат:

- 1) По роли в системе управления:
 - производственные;
 - непроизводственные.
- 2) По их динамике, соответствующей функциональным изменениям:
 - переменные;
 - постоянные.

Производственные затраты подразделяются на 4 категории [12]:

- 1) Прямые затраты на материалы, которые входят в состав конечного продукта, т.е. на шихтовые материалы;
- 2) Оплата прямого труда, т.е. зарплата основных рабочих (расходы на оплату труда основных рабочих и отчисления на социальные нужды);
- 3) Затраты на амортизацию, ремонт и обслуживание оборудования, технологическую энергию и топливо;
- 4) Накладные цеховые и заводские расходы.

Основная себестоимость продукции образуется из стоимости первых трех групп затрат.

Непроизводственные (общефирменные) затраты подразделяются на торговые, общие и административные. Они связаны с затратами на продажу продукции и поставку сырья, оплату заводской администрации, судебные издержки т.п.

Сумма производственных и непроизводственных затрат образует полную себестоимость.

Переменные затраты (VC) изменяются в целом и прямо пропорционально выпуску продукции (выпуску литья в тоннах). К ним относятся следующие затраты:

- на основные и вспомогательные материалы;
- на оплату труда (полные затраты на оплату труда основных рабочих);
- на технологическую энергию (топливо);
- на социальные нужды;
- на инструмент.

Постоянные затраты не зависят от объема производства (выпуска продукции). К ним относятся следующие затраты:

- на оплату труда вспомогательных рабочих, управленческого и обслуживающего персонала;
- амортизацию зданий, сооружений, оборудования и оснастки;
- ремонт оборудования и оснастки.

Затраты на ремонт и эксплуатацию оборудования приведены в таблице 49. Цеховые расходы приведены в таблице 50. Калькуляция себестоимости 1 тонны отливок приведена в таблице 51.

Таблица 49 – Смета расходов на ремонт и эксплуатацию оборудования

Наименование статьи затрат	Сумма, тыс.руб.	Примечание
Эксплуатация оборудования	5766.2	1% от стоимости оборудования
Текущий ремонт оборудования	28831	5% от стоимости оборудования
Внутрипроизводственное перемещение груза	190	5 руб на 1 тонну годного литья
Износ малоценного и быстроизнашивающегося оборудования	570	15 руб на 1 тонну годного литья
Прочие расходы	3535.7	10 % от общей суммы расходов
Итого:	38892.9	

Таблица 50 – Смета цеховых расходов

Статья	На 1 т литья			Сумма на всю программу, тыс. руб.
	Количество, т	Цена, тыс. руб.	Сумма, тыс. руб.	
Затраты на оплату вспомогательных рабочих, управленческого и обслуживающего персонала			0.63	23876.3
Отчисления на социальные нужды			0.17	6525.5
Амортизация здания и хоз. инвентаря			0.21	7875
Затраты на НИОКР, рационализаторство и изобретательство			0.09	3554.4
Расходы на охрану труда			0.12	4443
Стоимость вспомогательных материалов			38.37	1458060
- песок	0,65	2,5	1.625	61750
- глина	0,37	25	9.25	351500
- регенерат	6,7	4,1	27.47	1043860
- связующее	0,004	6,2	0,025	950
Итого			39.59	1504334.2
Транспортный налог			0,01	444.3
Прочие расходы			5.94	225716.8
Итого цеховых расходов			45.54	1730495.3

Таблица 51 - Калькуляция себестоимости 1 тонны годных отливок

Статьи затрат	Единицы измерения	На 1 т литья			На программу	
		Количество	Цена, руб /т.	Сумма, тыс.руб.	Количество	Сумма, тыс. руб.
Сырье и основные материалы						
Стальной лом	т	1.44	10200	14.69	54693.9	557877.8
Стружка в брикетах	т	0.112	9000	1.01	4254	38286
Чугун передельный	т	0.048	24800	1.19	1823.1	45212.9
Ферромарганец	т	0.035	48600	1.7	1337	64978.2
Ферросилиций	т	0.009	28000	0.25	340.3	9528.4
Итого		1.644		18.84	62448.3	715883.3
Возврат (литники и прибыли)	т	0,600			22789.1	
Угар и потери	т	0,044			1659.2	
Итого за вычетом уга- ра и возвратов		1		18.84	38000	715883.3
Оплата труда основ- ных рабочих				1.17		44430.3
Отчисления на соци- альные нужды				0.32		12142.9
Технологическая электроэнергия	тыс. кВт/ч	1.35	3,8	5.13	51300	194940
Энергия на техниче- ские нужды:						
- Вода	тыс.м ³	0.028	3,2	0.09	1064	3404.8
- Сжатый воздух	тыс.м ³	0.8	6,00	4.8	30400	182400
Расходы на подготов- ку и освоение произ- водства				11.4		433280.6
Расходы на ремонт и эксплуатацию обору- дования				1.02		38892.9
Отчисления на аморти- зацию оборудова- ния				1.28		48585.8
Основная себестои- мость				44.05		1673960.6
Цеховые расходы				45.54		1730495.3
Цеховая себестои- мость				89.59		3404455.9
Общезаводские рас- ходы				1.75		66658.6
Производственная се- бестоимость				91.34		3471114.5
Непроизводственные расходы				1.37		52066.7

Полная себестоимость				92.71		3523181.2
----------------------	--	--	--	-------	--	-----------

6.6. Расчет плановых постоянных и переменных затрат

Постоянные затраты складываются из следующих составляющих:

$$FC = FC_1 + FC_2 + FC_3 + FC_4 + FC_5 + FC_6 + FC_7 + FC_8;$$

где FC_1 – отчисления на амортизацию оборудования, зданий и сооружений;

FC_2 – отчисления на эксплуатацию и ремонт оборудования;

FC_3 – затраты на оплату вспомогательных рабочих, управленческого и обслуживающего персонала, плюс отчисления на социальные нужды;

FC_4 – затраты на НИОКР, рационализаторство и изобретательство;

FC_5 – расходы на охрану труда;

FC_6 – прочие цеховые расходы;

FC_7 – общезаводские расходы;

FC_8 – непроизводственные расходы.

Значения затрат берутся из соответствующих статей калькуляции себестоимости и сметы цеховых расходов.

$$FC = 100558 + 38892.9 + 30401.8 + 3554.4 + 4443 + 225716.8 + 66658.6 + 52066.7 = 522292.2 \text{ тыс.р.}$$

Средние удельные постоянные расходы равны:

$$AFC = FC/M,$$

где M – годовой выпуск годного литья по программе цеха, т.

$$AFC = 522292.2 / 38000 = 13.74 \text{ тыс.р./т.}$$

Далее производим расчёт переменных затрат по формуле:

$$VC = VC_1 + VC_2 + VC_3 + VC_4 + VC_5 + VC_6,$$

где VC_1 – суммарные затраты на сырьё и основные материалы;

VC_2 – затраты на оплату труда основных рабочих и отчисления на социальные нужды;

VC_3 – затраты на технологическую энергию;

VC_4 – затраты на техническое использование воды и сжатого воздуха;

VC_5 – затраты на вспомогательные материалы;

VC_6 – транспортный налог.

Данные для расчёта переменных расходов берутся из соответствующих статей таблицы 40.

$VC = 715883.3 + 56573.2 + 194940 + 185804.8 + 1458060 + 444.3 = 2611705.6$
тыс.р.

Средние удельные переменные расходы (на 1 т годного литья) равны:

$$AVC = VC/M.$$

$$AVC = 2611705.6 / 38000 = 68.73 \text{ тыс.р./т.}$$

Общие годовые затраты равны: $TC = FC + VC$, то есть:

$$TC = 522292.2 + 2611705.6 = 3133997.8 \text{ тыс. р.}$$

Общие средние удельные затраты равны полной себестоимости годного литья: $ATC = AFC + AVC$.

$$ATC = 13.74 + 68.73 = 82.47 \text{ тыс. р./т.}$$

6.7. Ценообразование

При установлении цен на продукцию используют следующие методы ценообразования:

- обеспечение безубыточности и получение прибыли;
- установление цены, исходя из ценности товара;
- ориентацию на издержки производства.

Рассчитаем цену по формуле:

$$P = 1,5 \cdot S,$$

где S – себестоимость тонны годного литья, тыс. р.;

$$P = 1,5 \cdot 92.71 = 139.1 \text{ тыс. р.}$$

Примем цену на тонну годного литья из стали 20ГЛ, равную 140000 р.

Доход от продаж определим по формуле:

$$Д = P \cdot Q,$$

где $Д$ – доход от продаж, тыс. р.;

P – цена продукции, р.;

Q – объем производства, т.

$$Д = 140 \cdot 38000 = 5320000 \text{ тыс.}$$

Прибыль определим по формуле:

$$\Delta П = Д - В.З.,$$

где $В.З.$ – валовые затраты = полной себестоимости, тыс.р.

$$\Delta П = 5320000 - 3523181.2 = 1796818.8 \text{ тыс.р.}$$

6.8. Расчет коммерческой эффективности проекта

Примем расчетный срок реализации проекта – 3 года, т.е. 12 кварталов.

Сооружение цеха проходит в несколько этапов. Строительство здания – три первых квартала. В первом квартале расходуется 30 % капитальных затрат на строительство здания, во втором – 30 % и в третьем квартале – 40 %. Приобретение и монтаж оборудования, подъемно-транспортных средств, приобретение оснастки, хозяйственного инвентаря и прочих средств осу-

ществляется в 3, 4 и 5 кварталах. В третьем квартале расходуется 20 % средств, в четвертом квартале – 60 % и в пятом квартале – 20 %.

Выпуск литья начинается в четвертом квартале, принятую мощность $M_{\text{пр.кв}}$ (выпуск литья $M_{\text{пр.г}} = 38000$ т, $M_{\text{пр.кв}} = M_{\text{пр.г}} / 4 = 38000 / 4 = 9500$ т) начинают достигать с шестого квартала. В четвертом квартале выпуск литья будет составлять $M_{\text{пр.кв}} \cdot 0,5 = 9500 \cdot 0,5 = 4750$ т; в пятом квартале - $M_{\text{пр.кв}} \cdot 0,75 = 9500 \cdot 0,75 = 7125$ т; в шестом и последующих кварталах - $M_{\text{пр.кв}} = 9500$ т. Для начала реализации проекта требуется прирост оборотных фондов на создание в третьем квартале необходимых запасов основных и вспомогательных материалов.

Суммарные инвестиционные издержки на проект сводим в таблице 52.

Таблица 52 – Распределение необходимых инвестиций в основные и оборотные средства

Адрес инвестиций	Инвестиции по кварталам, млн.р.						
	1	2	3	4	5	6	Всего
1. Строительство здания	118.1	118.1	157.3	-	-	-	393,5
2. Приобретение и монтаж оборудования	-	-	184.5	553.6	184.5	-	922,6
3. Прирост оборотных фондов	-	-	51.7	-	-	-	140
Итого	118.1	118.1	393.5	553.6	184.5	-	1456.1

В таблице приняты следующие обозначения: ИОК_1 – капитальные затраты на строительство здания и бытовых помещений; ИОК_2 – капитальные затраты на приобретение и монтаж оборудования.

Общий объём необходимых инвестиций равен:

$$\text{ИОК} = \text{ИОК}_1 + \text{ИОК}_2 + \text{ИПО},$$

где ИПО – инвестиции на прирост оборотных средств.

Оперативный план производства приведен в таблице 53. Примем объем собственных средств $\text{ИФС} = 0,6 \cdot \text{ИОК}$. Остальные средства в объеме $0,4 \cdot \text{ИОК}$ распределяются между привлеченными и заемными средствами, т.е. $\text{ИОК} = \text{ИФС} + \text{ИФП}_p + \text{ИФ}_3$.

Таблица 53 – Оперативный план производства

Показатель	Кварталы								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9-12
1. Рыночный потенциал цеха, т.	-	-	-	4750	7125	9500	9500	9500	38000
2. Цена 1 тонны годного литья, тыс.р.	-	-	-	140	140	140	140	140	140
3. Объём продаж, тыс.т.	-	-	-	4750	71250,75	9500	9500	9500	38000
4. Доля предприятия в отраслевом рынке	0	0	0	0,5	7125	1	1	1	1
5. Объём производства, тыс.т.	-	-	-	4750		9500	9500	9500	38000

Привлеченные средства получают за счет выпуска и продажи обычных акций.

Заемный капитал предполагает возврат средств и выплату процентов. Преимуществом использования заемных средств является исключение процентных выплат за кредит из валовой прибыли, при расчете налогооблагаемой прибыли. Примем ставку на кредит – 100 % годовых (25 % в квартал) с поквартальной выплатой, $ИФП_p = 0,25 \cdot ИОК$ и $ИФ_3 = 0,15 \cdot ИОК$.

В таблице 54 приведены источники финансирования.

Таблица 54 – Источники финансирования

Наименование источника	Распределение вложений по кварталам, млн р.						
	1	2	3	4	5	6	Всего
1. Собственные средства	118.1	118.1	637.3	-	-	-	873.5
2. Привлеченные средства	-	-	-	364	-	-	364
3. Заемные средства	-	-	-	109.3	109.3	-	218.6
Итого	118.1	118.1	637.3	473.3	109.3	-	1456.1

План привлечения и погашения кредитных средств приведен в таблице 55.

Таблица 55 - План привлечения и погашения кредитных средств

Наименование операции	Распределение по кварталам, млн р.					
	4	5	6	7	8	9-12
1. Привлечение кредита	109.3	109.3	-	-	-	-
2. Погашение кредита	-	-	-	-	-	218.6
3. Финансовые издержки (процент за кредит)	-	27.3	54.7	54.7	54.7	-

Итого	109.3	136.6	54.7	54.7	54.7	218.6
-------	-------	-------	------	------	------	-------

При реализации проекта осуществляются три вида деятельности: инвестиционная, операционная и финансовая. В каждом из этих видов деятельности можно выделить притоки и оттоки денежных средств.

Инвестиционная деятельность – это деятельность предприятия по вкладыванию собственных средств и привлечению чужих средств.

Операционная деятельность – деятельность по производству продукции.

Финансовая деятельность связана с привлечением собственного капитала, кредитов, с погашением задолженностей по кредитам, с выплатами дивидендов.

Данные по операционной, инвестиционной и финансовой деятельности приведены в таблицах 56, 57 и 58.

Таблица 56 – Данные по инвестиционной деятельности

Наименование показателя	Распределение по кварталам, млн.р.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9–12
Поступления от продажи активов (акций)	-	-	-	364	-	-	-	-	-
Затраты на приобретение активов	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого	-	-	-	364	-	-	-	-	-

Таблица 57 – Данные по финансовой деятельности

Наименование показателя	Распределение по кварталам, млн.р.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9–12
Собственный капитал	118.1	118.1	637.3	-	-	-	-	-	-
Заемные средства	-	-	-	109.3	109.3	-	-	-	-
Излишек средств	118.1	118.1	637.3	109.3	109.3	-	-	-	-

Таблица 58 – Данные по операционной деятельности

Показатель	Распределение по кварталам						
	1-3	4	5	6	7	8	9 – 12
1. Объём производства, т.	-	4750	7125	9500	9500	9500	38000
2. Цена продукции, тыс.р./т.	-	140	140	140	140	140	140
3. Доход от продаж, млн.р.	-	665	997.5	1330	1330	1330	5320
4. Налог на добавленную стоимость, млн.р.	-	119.7	179.6	239.4	239.4	239.4	957.6
5. Налоги и сборы, млн.р.	-	10.0	15.0	20.0	20.0	20.0	79.8
6. Валовые затраты, млн.р.	-	440.4	660.6	880.7	880.7	880.7	3523.0
7. Валовая прибыль, млн.р.	-	91.6	137.4	183.3	183.3	183.3	733.0
8. Резервный фонд, млн.р.	-	8.0	11.7	15.5	14.7	14.7	57.6
9. Резервный фонд нарастающим итогом, млн.р.	-	8.0	19.7	35.2	49.9	64.7	122.2
10. Фонд развития, млн.р.	-	67.6	96.3	124.0	103.2	103.2	374.2
11. Налогооблагаемая прибыль, млн.р.	-	6.1	14.5	23.8	45.4	45.4	221.4
12. Налог на прибыль, млн.р.	-	2.1	5.1	8.3	15.9	15.9	77.5
13. Чистая прибыль, млн.р.	-	79.5	117.4	155.0	147.4	147.4	575.7
14. Фонд потребления, млн.р.	-	0	0	0	14.7	14.7	57.6
15. Фонд накопления, млн.р.	-	67.6	96.3	124.0	103.2	103.2	374.2
16. Фонд накопления нарастающим итогом, млн.р.	-	67.6	163.9	287.8	391.0	494.2	868.5
17. Дивиденды, млн.р.	-	4.0	9.4	15.5	14.7	14.7	86.4

Налог на добавленную стоимость (НДС) принят 18 % от дохода, а налоги и сборы взяты в размере 1,5 % от дохода. Отчисления в резервный фонд являются обязательными. Начиная с 4 квартала, примем отчисления в резервный фонд 10 % от чистой прибыли. Фонд потребления до 7 квартала примем равным нулю. С 7 квартала отчисления в фонд потребления составят 10 % от чистой прибыли.

Накопление резервного фонда производится до тех пор, пока он не достигнет 15 % от уставного капитала. Пока не будет обеспечена положительная разница между притоком и оттоком денежных средств, весь фонд накопления будет направляться на реализацию проекта.

Валовая прибыль определяется по формуле

$$ВП = 0,8Д - ВЗ,$$

где ВЗ – валовые затраты с учетом отчислений по %-м ставкам за кредит.

Расчет чистой прибыли производится по формуле:

$$\text{ЧП} = \frac{(\text{ВП} - \text{НС}) \cdot \left(1 - \frac{\text{НП}}{100}\right)}{1 - (1 - K_1 - K_2) \cdot \frac{\text{НП}}{100}},$$

где ВП – валовая прибыль, млн.р.;

НС – сумма налогов и сборов, млн.р.;

НП – налог на прибыль, млн.р.;

K_1 и K_2 – доли от чистой прибыли, отчисляемые в фонд потребления и дивиденды, млн.р. (значения приведены в таблице 59).

Таблица 59 – Значения коэффициентов K_1 и K_2

Коэффициент	Квартал					
	4	5	6	7	8	9-12
K_1	0	0	0	0,1	0,1	0,1
K_2	0,05	0,08	0,1	0,1	0,1	0,15

Налогооблагаемую прибыль определим по формуле:

$$\text{НОП} = \text{ВП} - \text{НС} - \text{РФ} - \text{ФР},$$

где ФР-фонд развития (примем его равным фондом накопления ФН),

РФ-резервный фонд.

Резервный фонд рассчитываем по формуле:

$$\text{ФР} = 0,1 \cdot \text{ЧП}.$$

Фонд потребления рассчитываем по формуле:

$$\Phi\Pi = K_1 \cdot \text{ЧП.}$$

Отчисления на дивиденды рассчитываем по формуле:

$$Д = K_2 \cdot \text{ЧП.}$$

Фонд накопления (фонда развития) рассчитываем по формуле:

$$\Phi\Pi = \text{ЧП} - \PhiР - Д.$$

В таблице 60 приведены данные по притокам и оттокам денежных средств в первые 12 кварталов реализации проекта.

Таблица 60 – Расчет чистых денежных потоков

Денежные потоки, млн р.	Денежные потоки в кварталы инвестиционного периода, млн.р.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9-12
I. Операционная деятельность									
1. Приток наличности	-	-	-	67.6	163.9	287.8	391.0	494.2	868.5
2. Погашение задолженности за кредит	-	-	-	-	-	-	-	-	-218.6
3. Расходы на основные средства	-118.1	-118.1	-637.3	-473.3	-109.3	-	-	-	-
4. Чистый денежный поток	-118.1	-118.1	-637.3	-405.7	54.6	287.8	391.0	494.2	649.9
II. Финансовая деятельность									
Приток	118.1	118.1	637.3	-	-	-	-	-	-
5. Собственный капитал									
6. Заемные средства	-	-	-	109.3	109.3	-	-	-	-
7. Чистый денежный поток	118.1	118.1	637.3	109.3	109.3	-	-	-	-
III. Инвестиционная деятельность									
Приток									
8. Поступления от продажи активов (акций)	-	-	-	364	-	-	-	-	-
9. Чистый денежный поток	-	-	-	364	-	-	-	-	-
10. Излишек средств	0	0	0	67.6	163.9	287.8	391.0	494.2	649.9
11. Суммарная потребность	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12. Сальдо на конец месяца				67.6	231.5	519.3	910.3	1404.5	2054.4

Таблица 61 – Расчёт чистого дисконтированного эффекта

Наименование показателя	Кварталы								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9 – 12
1. Чистый денежный поток, млн.р.	0	0	0	67.6	231.5	519.3	910.3	1404.5	2054.4
2. Коэффициент дисконта α_t	1	0.855	0.731	0.624	0.534	0.452	0.39	0.335	0.178
3. Чистый дисконтированный поток, млн.р.	0	0	0	42.2	123.6	234.7	355.0	470.5	365.7
4. Чистый дисконтированный поток нарастающим итогом, млн.р.	0	0	0	42.2	165.8	400.5	755.5	1226.1	1591.7

Таблица 62 – Дисконтированные значения инвестиций

Наименование показателя	Инвестиции по кварталам				
	1	2	3	4	5
1. Суммарные инвестиции, млн.р.	118.1	118.1	637.3	109.3	109.3
2. Дисконтирующий множитель, α_t	1	0.855	0.731	0.624	0.534
3. Дисконтированные инвестиции, млн.р.	118.1	101.0	465.9	68.2	58.4
4. Дисконтированные инвестиции нарастающим итогом, млн.р.	118.1	219.1	684.9	753.1	811.5

6.9. Показатели эффективности

Показателями эффективности проекта являются:

1) чистый дисконтированный доход (ЧДД) в конце периода (9 – 12 кварталы). ЧДД определяется как разность данных по чистому дисконтированному эффекту S и данных по дисконтированным значениям инвестиций на конец периода K :

$$\text{ЧДД} = S - K,$$

где S – суммарное дисконтированное значение денежного потока в конце периода;

K – суммарное дисконтированное значение инвестиций.

$$\text{ЧДД} = 1591.7 - 811.5 = 780.2 \text{ млн.р.}$$

2) индекс доходности (ИД) определяется по формуле:

$$\text{ИД} = S/K,$$

$$\text{ИД} = 1591.7 / 811.5 = 1.96.$$

$\text{ИД} > 1$, следовательно проект считается эффективным.

3) срок окупаемости проекта определяем по графику (рисунок 4). В нашем случае срок окупаемости составляет почти 5,5 кварталов т.е. 1,4 года.

4) доля собственных средств предприятия в проекте составляет:

$$(837.5 / 1456.1) \cdot 100\% = 57.5 \, \%.$$

5) точка безубыточности – это значение минимального объёма выпуска

продукции, при котором достигается «нулевая валовая прибыль» (доход от продажи равен издержкам производства). Точка безубыточности рассчитывается по формуле:

$$Q_{кр} = FC / (P - AVC),$$

где FC – постоянные затраты, тыс.р.;

P – цена одной тонны годного литья, тыс.р.;

AVC – средние удельные переменные расходы, тыс.р.

$Q_{кр} = 522292.2 / (140 - 68.73) = 7328,4 \text{ т} < 38000 \text{ т}$, т.е. выпуск отливок превышает точку безубыточности.

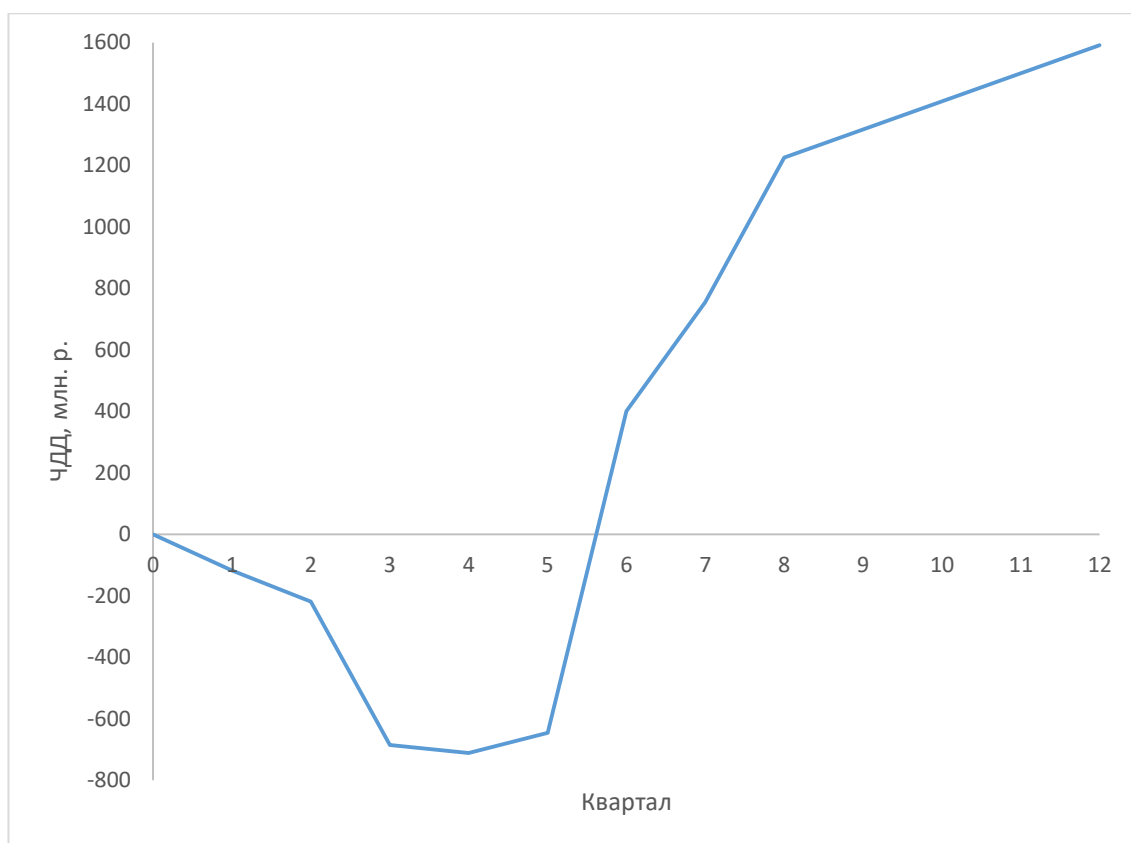


Рисунок 4 – Финансовый профиль проекта

В таблице 63 приведены технико-экономические показатели проекта.

Таблица 63 - Техничко-экономические показатели цеха

Показатели	Единица измерения	Величина показателей
1. Годовой выпуск продукции	т.	38000
2. Выход годного	%	60
3. Численность работающих, всего	чел.	541
в том числе: основных	чел.	376
вспомогательных	чел.	124
ИТР	чел.	22
служащих	чел.	9
МОП	чел.	10
4. Фонд основной заработной платы	млн.руб.	68.3
5. Капитальные вложения	млн.руб.	1335.1
6. Себестоимость	млн.руб.	3523.2
7. Прибыль	млн.руб.	1796.8
8. ЧДД	млн.руб.	780.2
9. ИД		1.96
10. Срок окупаемости	год	≈1,4

В данной части дипломного проекта были проведены расчеты эффективности проекта. Было рассчитано количество рабочих, фонды заработной платы, затраты на строительство здания и приобретение оборудования. Мы рассчитали полную себестоимость продукции, как на годовую программу, так и на одну тонну отливок.

Проанализировав расчеты, мы можем сделать вывод, что разрабатываемое производство является прибыльным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 977-88 Отливки стальные. Общие технические условия. Введ. 01.07.1988. –М.: Изд-во стандартов 1990. 63с.
2. Технология литейного производства. Учебник. Под редакцией Б.С. Чуркина, Э.Б. Гофман и др. Екатеринбург. Урал. гос. проф. – пед. Ун-т . 2000.662с.
3. СТП АДК 155-2001. Формовочные и стержневые смеси. Противопригарные краски, разделительные покрытия.Изд-во ОАО НПК УВЗ 2001.35 с.
4. СТП АДК 723-2005. Холодно-твердеющие смеси. Изд-во ОАО НПК УВЗ 2005.21 с.
5. ГОСТ 3212-92 Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров. Введ. 01.07.1993. – М .: Изд-востандартов 1992. 15с.
6. Д.М. Кукуй, В.А.Скворцов, В.Н. Эктова. Теория и технология литейного производства. Минск: изд. Дизайн ПРО, 2000. 416 с.
7. Могилев В. К., Лев О. И. Справочник литейщика: Справочник для профессионального обучения рабочих на производстве. М.: Машиностроение, 1988. 272 с.
8. ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски-размеров, массы и припуски на механическую обработку. Введ. 09.12.2009. – М .: Изд-во стандартов 1990. 45с.
9. А.М.Михайлов, Б.В.Бауман, Б.Н. Благов. Литейное производство. М.: Машиностроение, 1987. 480с.
10. А.В. Егоров. Расчет мощности и параметров печей черной металлургии. М.: Металлургия. 1990. 278с.
11. Типаж технологического оборудования для литейного производства на 1990 – 1995 г. М.: Машгиз, 1990. 146 с.
12. А. Вёрёш. Очистка отливок. Перевод с венгерского. М. Машиностроение 1982. 252 с.

13. Термическая обработка и свойства литой стали. Учебник. Под редакцией Н.С. Крещановского. М.: Машгиз. 1985. 356 с.
14. Основы проектирования литейных цехов и заводов. Учебник для Вузов. Под редакцией Кнорре Б.В. 2 изд.- М.: Машиностроение, 1979. 376с.
15. Руководство Р 2.2.2006-05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. М.: Машиностроение, Дата введения 1 ноября 2005 г.
16. СНиП 41-01-2003 Строительные нормы и правила. Отопление, вентиляция и кондиционирование, Москва 2004.
17. СНиП 2.01.02-85 Строительные нормы и правила. Противопожарные нормы. Москва 1991.
18. ССБТ ГОСТ 12.1.005-88* Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Изд-во стандартов 1989, Дата введения 1989-01-01.
19. Отчет отдела охраны труда по фактическим замерам показателей микроклимата в литейных цехах металлургического производства. 2010 г.
20. «Правила устройств электроустановок». 7-я редакция. М.: Машиностроение, 2006, 132 с.
21. «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей». М.: Машиностроение, 2001, 139 с.
22. ГОСТ 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда.Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов». М.:Машиностроение, Введен в действие 01.01.2011 г. 32 с.
23. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение. Приняты и введены в действие постановлением Минстроя России от 2 августа 1995 г. № 18-78 в качестве строительных норм и правил Российской Федерации взамен СНиП II-4-79 М.: Машиностроение, 111 с.

24. ГОСТ 12.1.003-90 «Шум. Общие требования безопасности». Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 6 июня 1990 г. № 2473. М.: Изд-во стандартов 1990.

25. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Утверждены и введены в действие постановлением Госкомсан-эпид-надзора России от 31 октября 1996 г. № 36.

26. Отчет отдела охраны труда по замерам шума на рабочих местах в литейных цехах ОАО НПК «Уралвагонзавод». 2011 год. 123 с.

27. ГОСТ 12.4.091-80 Система стандартов безопасности труда. Каски шахтерские пластмассовые. Общие технические условия. М.: Изд-во стандартов 1981, Введен в действие 01.07.1981 г.

28. ГОСТ 12.4.051-87 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний. М.: Изд-во стандартов 1987, Утвержден Госстандарт СССР 29.10.1987 г. 15 с.

29. ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность. Общие требования. М.: Изд-во стандартов 1991, Дата введения 01.07.1991 г.

30. Проект нормативов предельно-допустимых выбросов в атмосферу для «ПО УВЗ». Книга 1. Пояснительная записка. Родэ Р.В., Н.Тагил.: «ПО УВЗ», 2003. 120 с.

31. Ссылка <http://www.ecoguild.ru/regions/sverdlovsk/index.htm>.

32. Ссылка http://otherreferats.allbest.ru/ecology/00097030_0.html.

33. Чуркин Б.С. Экономика и управление производством. Учебное пособие, Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф. - пед. ун-та, 1999.-91с.

34. Единый тарифно-квалификационный справочник. - М.: Экономика, 1989. 526с.

35. ГОСТ 3.1125-88 «Единая система технологической документации. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок». М.: ИПК Издательство стандартов. Введен 01.01.89 г. 13с.

36. Методические указания по дипломному проектированию для студентов: В4 ч. Свердл. инж. - пед. инс-т. Свердловск, 41. 1989. 88с.